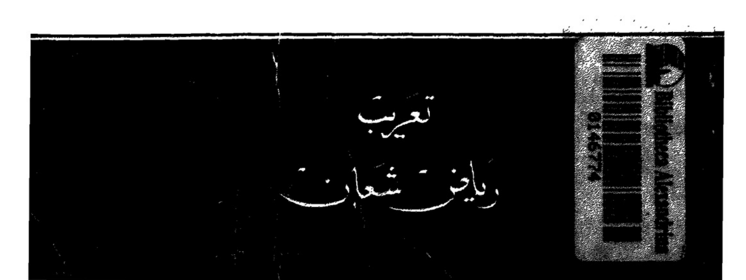
# المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

## الجزء الثاني

تأليف

و. سكوفيلد



# المسح الهندسي

## تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

## الجزء الثاني


تأليف

و . سكوفيلد

تعريب

رياض شعان

عضو مشارك في جمعية المهندسين المدنيين البريطانية

مدرس في قسم المساحة بمعهد تكنولوجيا بغداد سابقا

الطبعة الاولى

١٩٩٠

**اهداء**

الى من وقفت بجانبي وكانت

العون ... زوجتي

**رياض**

# مقدمة المؤلف

تشمل الاصدارة الثانية هذه من كتاب المسح الهندسي ـ الجزء الثاني تلك الجوانب من موضوع المساحة الاكثر تقدما والتي تكون عادة ضمن مناهج السنة الاخيرة لدراسة البكلوريوس او الدبلوم في الهندسة . وقد تم اختيار عدد كبير من الامثلة المحلولة باعتناء ووضعت في نهاية كل موضوع خلال الفصل الواحد وذلك لتقوية الفهم السليم للافكار المتضمنة . وفي اخر كل فصل تم وضع تمارين للطلاب كاملة مع الاجابات لأغراض الدراسة البيتية .

لقد تم توسيع الفصل الاول كثيرا لأجل اعطاء معالجة مسهبة لدراسة الاخطاء في قراءات اعمال المساحة وتأثير تركيبها مع بعضها وانتشارها والطرق المختلفة المستخدمة لاعطاء نتيجة مقبولة احصائيا . فيبدأ الفصل الأول بوصف الأخطاء المتضخمة وتوزيعها والطرق الاحصائية المختلفة المستخدمة في معالجتها . من ثم ينتقل العمل الى تطبيق قاعدة المربعات الصغرى Least Square في التعديل وفي تحليل قوة شبكات الضبط. وقد تم التعامل مع التحليل النظري والتطبيقات باستخدام كلا الجبر الكلاسيكي وجبر المصفوفة ، كما تمت تغطية مواضيع متعددة مثل وزن وحدة التباين Unit Variance Weighting واختيار افضل الشبكات والتحليلات ماقبل المسح Pre-Survey Analysis . وأعطي اخيرا مثال محلول بشكل كامل عن التعديل وتحليل القوة لشبكة ضبط مختارة لأجل تسهيل فهم النظرية .

وحيث ان الفصل الثاني من الكتاب مختص بمسوحات الضبط Control Surveys فانه يغطي اشكالا واسعة من المواضيع المتعلقة بالطرق الاساسية لتعيين الموقع ، وقد تضمن هذا الفصل ضمن المعالجات : التقاطع الخلفي Resection والتقاطع Intersection والتسوية المثلثية Trigonometric Levelling ونظرية معاملات المقياس Scale Factors وتطبيقاتها وتقارب خطوط الزوال ( خطوط الطول ) Convergenee of Meridians وتصحيحات( t-T ) ...والخ . كما تتضح اهمية قياس المسافة الكترومغناطيسيا بجلاء من خلال المعالجة المسهبة التي تحضاها .

اما الفصل الثالث فهو يعالج المبادئ العريضة للمسح التصويري الجوي والارضي بما يفيد المهندس الذي يحتمل ان يكون مستخدما للمنتوج النهائي اكثر من أن يكون

مطبقا للتقنية ، والى هذا الحد تم بحث النظرية الاولية وطرق الحصول على تفاصيل ثلاثية الابعاد ( مجسمة ) من الصور الجوية . وعليه فان هذا الاسلوب لا يمكن المهندس من استخدام التقنيات فحسب ( عندما يتطلب الامر ذلك ) وانما يعطي تمهيدا وفهما عميقا للموضوع . كما أنه يمكن القارئ من استيعاب المواصفات المطلوبة في اعمال التصوير الجوي الشاقولي والتي تم ادراجها بالكامل في نهاية الفصل .

ان الفصل الرابع يبحث في تطبيق علم الفلك الحقلي في تعيين الموقع وبذلك يعرف القارئ على المثلثات الكروية وتطبيقاتها على حالات هندسية معينة . ونظراً للصعوبة التي يعانيها الطلاب في فهم فكرة الوقت فقد أطيل البحث بهذا الموضوع باستخدام مبدأ مخططات الساعة Clock Diagrams البسيط .

لقد عني خلال العرض بالتركيز على الفهم النوعي والمدرك للمبادئ الاساسية للمادة .

يفترض ان يكون هذا الكتاب مفيدا الى الفنيين وطلبة الجامعات في اقسام المساحة والهندسة المدنية وهندسة المناجم وهندسة البلديات اضافة الى اولئك الذين يدرسون لتأدية امتحانات مهنية مختلفة والتي تشمل هذا الموضوع .

تشكرات

اقدم امتناني الى مجلس جامعة لندن (LU) وبوليتكنيك كنكزتون (KP) وجمعية المهندسين المدنيين البريطانية (ICE) لسماحهم لي بادراج الأسئلة الموضوعة في امتحاناتهم .

ويلفريد سكوفيلد

## مقدمة المعرب

يسرني أن أقدم الى القارئ العربي الكريم هذه الطبعة الاولى للجزء الثاني من كتاب « المسح الهندسي / تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب » وهو الكتاب المكمل للجزء الاول الصادر باللغة العربية .

يشمل هذا الجزء تلك الجوانب لاكثر تقدما من موضوع المساحة والمسح الهندسي والتي تقع عادة ضمن مناهج السنة الاخيرة لدراسة البكالوريوس او الدبلوم في اختصاصات الهندسة المدنية والمساحة والري والطرق والتعدين. وهكذا امل بأن الكتاب سيسد جزءا ولو صغيرا من الفراغ الكبير في المكتبة العربية في هذا الاختصاص ليستفيد منه الباحث والممارس للمهنة على حد سواء .

لقد أتبعت الارقام عربية الاصل 1 , 2 , 3 و ... كما أثبتت الحروف اللاتينية A وB وC و .. والحروف الاغريقية α وβ وγ و .. المستخدمة كرموز في المعادلات وتوضيح الاشكال لتسهيل الربط مع بقية المصادر العالمية. كذلك أبقيت تسميات النسب المثلثية بلغتها الاصلية وأبقي الاتجاه الاصلي للمعادلات ( من اليسار الى اليمين) لجعلها سلسة وسهلة المتابعة . كذلك فقد أبقي موقع الأشارة ( + و− و× و÷ ) بموقعها الأصلي الى يسار المقدار دائما اينما وردت في الكتاب توخيا للدقة وتحاشيا للغموض .

عندما ترد التعابير الاجنبية بين قوسين فهي تقرأ من اليسار الى اليمين. وقدوضعت الكتابة العربية بين قوسين عندما اقتضى ادخالها في معادلة اتجاهها من اليسار الى اليمين .

بالنظر لتنوع التسميات في مصادر علم المساحة في الدول العربية المختلفة فقد دأبت على ذكر المصطلح الاجنبي الى جانب التسمية العربية اينما كان ذلك مفيدا ، اضافة الى جداول أعدت بالرموز والمصطلحات في نهاية الكتاب لتكون مرجعا يمكن العودة اليها بسهولة .

واذ اني أقدم الكتاب الى المختص والطالب معا فأنا ارجو السادة المختصين بيان ملاحظاتهم الكريمة للاخذ بها مستقبلا . والله ولي التوفيق .

رياض شعّان

# المحتويات

الفصل الاول

# الأخطاء والتصحيحات

المهمة الاساسية في اعمال المساحة هي تحقيق الضبط بثلاثة ابعاد، ويتم التوصل الى ذلك عادة من خلال القياسات الطوليةLINEAR والزاويةANGULAR، وكذا قياسات لابد ان تحوي اخطاء، وعليه تستخدم الوسائل الاحصائية، ليس فقط لتوزيع هذه الاخطاء، وانما لتقدير اعتماد القيمة المستخدمة الاخيرة ضمن حدود ثقة معينة.

## 1-1 تصنيف الاخطاء CLASSIFICATION OF ERRORS

(1) الاغلاط MISTAKES، وتدعى احيانا الاخطاء الكبيره GROSS ERRORS، ويجب ان لا تصنف الاغلاط كأخطاء بتاتا حيث أن الاغلاط تكون ناجمة غالبا عن تعب المساح او قلة خبرته، وكأمثلة نموذجية على ذلك: حذف طول شريط قياس بالكامل عند قياس مسافة معينة، وقراءة الرقم9 على مسطرة مساحة بدلا من الرقم6 والعكس بالعكس. ويكون نشوء الاغلاط اكثر احتمالا من نشوء الاخطاء وعليه يجب اتخاذ الحيطة القصوى لتجنبها.

(2) الاخطاء النظامية SYSTEMATIC ERRORS، التي يمكن أن تكون ثابتة او متغيرة خلال عملية مسح معينة، وتعزى هذه الاخطاء عادة الى ظروف معروفة، ويمكن احتساب قيمها ومن ثم تعديل الكميات المقاسة بموجبها. فيمكن ان تكون هذه الاخطاء نتيجة ظروف طبيعية، وكأمثلة على ذلك: إنكسار الاشعة الضوئية وتغير سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء وتمدد او تقلص اشرطة القياس الحديدية نتيجة تغير درجات الحرارة. وفي كل هذه الحالات يمكن تطبيق التصحيحات لتقليل تأثيراتها. كذلك يمكن لهذا الخطاء أن تنجم بسبب الاجهزة، وكأمثلة على ذلك: سوء تعيير المزواة او المنساب وخطأ المؤشر في موازين الناب وعجز البلورات في معدات قياس المسافة الاليكترومغناطيسية(EDM).

هنالك الاخطاء الشخصية للراصد الذي يمكن ان يكون معيبا في عينه مما يجعله يثبت المايكروميتر خطأ، او يقاطع الهدف او غير ذلك خطأ، وغالبا ما تعوض هذه الاخطاء بعضها بعضا، كمثل الراصد الذي يثبت الماكرومتر واطئا عند قراءته اتجاه زاوي معين والذي غالبا ما سيثبت الماكرومتر واطئا ايضا عندقراءته الاتجاه الزاوي التالي، وهكذا فالزاوية الناتجة ستكون صحيحة.

تخضع الاخطاء النظامية عموما الى القوانين الرياضية والفيزياوية،وهكذا يمكن احتساب وتطبيق التصحيحات الملائمة لها لتقليل تاثيراتها. مع ذلك يُشك فيما إذا ستحذف تاثيرات الاخطاء النظامية بالكامل نهائيا،وهذا يعزى الى حد كبير الى عدم إمكانية الحصول على قياسات دقيقة للكميات الداخلة،وكامثلة نموذجية على ذلك: صعوبة الحصول على معامل إنكسار موحد خلال عملية قياس المسافات الكترومغناطيسيا وصعوبة الحصول على درجة حرارة شريط القياس الحديدي من قياسات درجة حرارة الهواء بالمحارير.وهكذا فالاخطاء النظامية هي اصعب ما يمكن التعامل معها وعليه فانهاتتطلب عناية خاصة قبل عملية المسح وخلالها ثم بعدها.

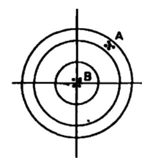
(3)الاخطاءالعشوائيةRANDOM ERRORS، وهي تلك الاخطاء المتغيرة والتي تبقى موجودة بعد إزالة كافة بقية الاخطاء،حيث انها تكون خارج نطاق سيطرة الراصد وتنتج عن عدم تمكنه من إجراءقياسات دقيقة لاسباب سبق ذكرها.

يفترض ان للاخطاء العشوائية توزيعا تكراريا مستمرا يسمى التوزيع CONTINEOUS FREQUENCY DISTRIBUTION الطبيعيNORMAL DISTRIBUTION كما انها تخضع لقانون الاحتمالLAW OF PROBABILITY ،فالمتغير العشوائي x ذي التوزيع الطبيعي الذي معدله $\mu$ وإنحرافه المعياري $\sigma$ يكتب بشكله الرمزي $(N(\mu,\sigma))$. إن ما يجب فهمه جيدا هو ان الاخطاء العشوائية وحدها تعامل بالطرق الاحصائية.

## 1-1-1 المبدأ الاساسي للاخطاء Basic concept of errors

يمكن تشبيه المبدا الاساسي للاخطاء الموجودة في المعلومات المأخوذة من قبل المساح بعملية رمي الهدف.

دعنا نفترض اولا ان قناصا ماهرا قد إستخدم بندقية بمحورها البصري منحن والتي تسببت في توزيع القذائف كما في A في (الشكل 1-1) .




الشكل 1-1

من حيث كون ان القناص ماهر(او معتمدRELIABLE)فهذا يؤكده الانتشارالصغيرالذي يدل على دقةPRECISIONممتازة. مع ذلك وبما ان القذائف هي بعيدةعن المركزبسبب إنحناء المحورالبصري(خطا نظامي)فهي(اي القذائف)خاطئة تماما . وكذا حالة يمكن ان تحدث عمليا عندمايعطي جهاز(EMD)

طاقما من القياسات التي تتفق كلهامع بعضهابحدودالبضع مليمترات(دقة عالية HIGH PRECISION ) ولكن كافة هذه القراءات تكون خاطئة بعدد من الامتار بسبب خطأ في التشغيل وعدم تعيير الجهاز(درجة ضبط ضعيفة LOW ACCURACY).

فلو تم تعديل خط النظر المتحق(اي تقليل في الاخطاء التكرارية)ستكون النتيجة توزيع القذائف كما في B،وفي هذه الحالة ستتجمع القذائف قرب مركز الهدف وبالتالي يمكن ايجاد علاقة مباشرة بين الدقة العالية (والتي يظهرها الانتشار الصغير)ودرجة الضبط ،ومن الطبيعي فإن الانتشار يكون بسبب الاخطاء العشوائيةغيرالممكن تجنبها . فلو قلب الهدف ستكون مهمة الرامي ايجاد الموقع الاكثر إحتمالا للمركز مستندا الى تحليل موقع القذائف في B . ومن هذه العلاقة تنتج عدة حقائق مهمة ، وكما يلي :

(A)الانتشار هو"مؤشر للدقة"،فكلما اتسع الانتشار عن متوسط القيمةلمجموعةمن النتائج كلما كانت هذه النتائج اقل اعتمادا اذا ما قورنت مع نتائج ذات إنتشار بسعة اقل .

(B)يجب التمييز بين الدقة ودرجة الضبط ، فالدقة هي تعبير نسبي يشير الى درجة التجمع بغض النظر عن القرب من الحقيقة بينما تعبِّر درجةالضبط عن القرب المطلق من الحقيقة .

(C)يمكن إعتبار الدقة كمؤشرلدرجةالضبط فقط عندما تُزال كافة مصادر الخطأ باستثناء الاخطاء العشوائية.

(D)يمكن تعيين درجة الضبط فقط من خلال تعيين الحدود التي يمكن ان يقع ضمنها الخطأ العفويACCIDENTAL ERROR للكمية المقاسة .وهكذا فسبب تعريف درجة الضبط عموماهو لان الخطأ المطلق لكمية مايكون عادة غيرمعروف.فلو كان الخطأ المطلق معروفا لكان من السهل تصحيح الكمية المقاسة بموجبه لاستخراج قيمتها الحقيقية. وتكون حدود الخطأ عادة متماثلةSYMMETRICAL حول الصفر،وهكذا تكون درجة الضبط لكمية ما $x$ تساوي($x \pm \varepsilon_x$) حيث أن $\varepsilon_x$ هي اكبر من او تساوي الخطأ الحقيقي وغير المعروف في $x$ .

(E)تعيين الموقع من قبل المساح ، إن كانت مواقع إحداثيات نقاط في شبكة ضبط CONTROL NETاو موقع تفصيل طوبوغرافي ، فهو مجرد تقديرللموقع الاكثرإحتمالا.وعليه يتطلب ايجاد قيمة إحصائية لدرجة إعتماده

## 2 – 1 تعاريف أخرى FURTHER DEFINITIONS

(1)القيمة الحقيقيه TRUE VALUE القياس ما لايمكن إكتسابها مطلقا حتى لو وجدت فعلا،وهذا واضح عند رصد زاوية بمزواة تقرأ ثانية واحدة،فبغض النظر عن عدد المرات

التي تقرأ بها الزاويةفانه سيتم الحصول على قيم تختلف قليلا عن بعضهـــا .

(2)الخطأ الحقيقي TRUE ERROR($\varepsilon x$) ، وهذا ايضا لا يمكن ايجاده مطلقا لاحتوائه على القيمة الحقيقية(X) ناقصا القيمة المرصودة($x$)، اي: $X - x = \varepsilon x$

(3)الخطأ النسبي RELATIVE ERROR ،هو مقياس للخطأ نسبة الى حجم القياس.فيمكن مثلا قياس مسافة طولها 10متر بخطأ (±1)ملم بينما يمكن قياس مسافة طولها 100متر ايضا بدرجة ضبط مقدارها (±1)ملم ، فولو ان الخطـــأ هو متساوي فـي الحالتين، لكنه واضـــح بأن بالامكان إعتبـــار القراءة الثانية اكثر دقة. ولاخذ هذابنظر الاعتبار يمكن استخدام تسمية الخطأ النسبي($R_x$)حيث: $R_x = \varepsilon_x / x$

وهكذا ففي الحالة الاولى($x$ =10m)و($\varepsilon_x$ = ±1 mm.)، وعليه فإن($R_x$ =1/10 000)بينما في الحالةالثانية(1/100 000) وهذا يظهر الاختلاف بوضوح. وبضرب الخطــأ النسـبي بـ100 يعطي الخطأ المئوي PERCENTAGE ERROR.فالخطأ النســبي هو تعريف مفيد جدا وهـــو يستخدم عادة في التعبير عـن درجة الضبط في القياس الطولي. فمثلا ، يُعبر عادة بهذه الصيغة عن خطأ الاقفال النســبي للمضلـع. مع ذلــك فمن الواضح بأن ذلــك لا ينطبـــق في حالة التعبير عن درجــــة الضبط التي تقاس بها الزاوية .

(4)القيمة الاكثر إحتمـــالا (MPV) ، وهي اقرب تقريب الى القيمة الحقيقية التي يمكن الحصول عليها من طاقـــم من القيم. ويعبر عن هذه القيمة عادة بالوســـط الحســـابي لطاقم من القيم بإهمال تكرار او وزن القيم في هــــذه المرحلة. فمثلا:إذا كانت A تمثل الوسط الحسابي وXتمثل القيمة الحقيقية و $\varepsilon_n$ تمثل الاخطاء لطاقم من قياســـات عددها n ،فإن: $A = X - [\varepsilon_n]/n$

حيث أن [ $\varepsilon_n$ ]هي مجموع الاخطاء. ولما كان احتمال كـــون الاخطاء موجبة هو نفسه كونها سالبة،فإن($[\varepsilon_n]/n$)ستكون صغيرة جدا ،و($A \approx X$)لعدد محدودمن القراءات.أما بالنسبة لعدد لا نهائي من القياسات فيمكن برهنة أن ($A=X$).

لاحظ جيدا :بأن القوس المربع هو رمز كوزي GUASSIANيعبّر عن حالة الجمع.

(5)الخطأ المتراكم RESIDUAL ERROR،هو اقرب تقريب الى الخطأ الحقيقي،وهوالفرق بين القيمة الاكثراحتمالا(MPV) اي الوسط الحسابي والقيم المرصودة للطاقم.

وبإستخدام نفس الجدال السابق يمكن إثبات أن الخطأ المتراكم r لعدد محدود من القياسات يســاوي تقريبــــا الخطأ الحقيقي $\varepsilon$ .

## 3-1 الاحتمال PROBABILITY

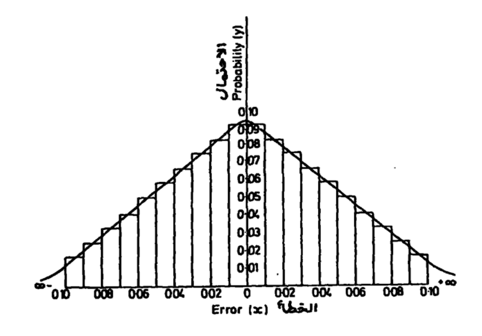
خذ طولا مقداره 29.42 متر مقاسا بشريط قياس صحيح الى حد(±0.05)متر،فسيكون مدى هذه القياسات إذن من 29.37 متر الى 29.47 متر معطيا 11 حالة ممكنة للجواب بفترات مقدارها 0.01 متر.فلوقيست المسافةالثانية بنفس الطريقة سيكون هنالك 11 حالة ممكنة للجواب ايضا.عليه سيكون للقيمة الحقيقية لمجموع المسافتين (11×11=121) حالة ممكنة وسيكون المدى لهذا المجموع((±0,05M)×2)اي بين(-0.10M) و(+0.10M) . والان يمكن ان يحدث الخطأ (-0.10M) مرة واحدة فقط اي عندما يكون لكلا المسافتين خطأ مقداره(-0.05M)،ونفس الحالة تنطبق بالنسبة للخطأ (+0.10M).والان خذ الخطأ(-0.08M)، فهذا يمكن ان يحدث بثلاثة طرق : (-0.05)و(-0.03) او (-0.04)و(-0.04) او (-0.03)و(-0.05). وبتطبيق هذه الصيغة على كامل المدى يمكن تنظيم (الجدول 1-1) . فالجزءالسفلي منه هوتكرار للجزء العلويفيه. فلو اضيفت كسور الاحتمالات الى بعضها ستساوي 1.00 .

| الخطأ | التكرار | الاحتمال |
|---|---|---|
| -0.10 | 1 | 1/121=0.0083 |
| -0.09 | 2 | 2/121=0.0165 |
| -0.08 | 3 | 3/121=0.0248 |
| -0.07 | 4 | 4/121=0.0331 |
| -0.06 | 5 | 5/121=0.0413 |
| -0.05 | 6 | 6/121=0.0496 |
| -0.04 | 7 | 7/121=0.0579 |
| -0.03 | 8 | 8/121=0.0661 |
| -0.02 | 9 | 9/121=0.0744 |
| -0.01 | 10 | 10/121=0.0826 |
| 0 | 11 | 11/121=0.0909 |
| 0.01 | 10 | 10/121=0.0826 |
| الخ | الخ | الخ |

جدول 1-1

ولو رسمت النتائج اعلاه كأخطاء ازاء إحتمالات سينتج المخطط في(الشكل1-2)الذي فيه الاخطاء ممثلة بمستطيلات. وعليه فعند الحد عندما تصغرفترة الخطأ يصبح المخطط اقرب الى المنحنى الراكب عليه،وهذا المنحني يدعى"منحنى الاحتمال الطبيعي"،والمساحة تحت المنحنى تمثل مقدار إحتمال كون الخطأ واقع بين(±0.10M)وهكذا فإنها تساوي 1.000 (حتما) كما في (الجدول 1-1).

في(الشكل 1-3)مبين منحنيات إحتمال جرسية الشكل اكثر نموذجية ، حيث ان المنحنى الطويل الرفيع يدل على إنتشارSCATTER قليل وهكذا فهو يدل على دقة عاليةHIGH PRECISION بينما يدل المنحنى المتوسط على انشار كبير ودقة قليلة.وعند تعميم المنحنى يتبين بأن:




شكل 1–2

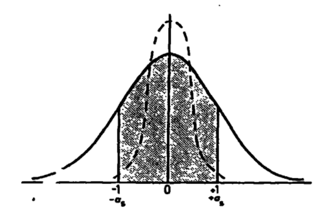
(I) الاخطاء الموجبة والسالبة هي متساوية بالحجم والتردد.
(II) الاخطاء الصغيرة هي اكثر حدوثا من الاخطاء الكبيرة.
(III) الاخطاء الكبيرة جدا قلما تحدث.

ويمكن إستخدام المنحنى ايضا لبيان إحتمال وقوع الخطأ ضمن حدود معينة حيث أن الجزء المظلل في (الشكل 1–3) يبين أحتمال وقوع الخطأ بين الحدين (±1) وهذا الجزء المظلل يساوي 7 مرات تقريبا من مجموع 10، كما وأن لهذه المساحة بالذات اهمية خاصة كما سيرد فيما بعد.

اشارة الى ما تم شرحه ، فإن المساحة تحت المنحنى تمثل حد التكرار النسبي اي تمثل الاحتمال ويساوي "وحده UNITY". وهكذا يمكن استخدام جداول مساحات المنحنى المعياري STANDARD NORMAL CURVE لاحتساب الاحتمالات شرط أن التوزيع هو توزيع طبيعي معياري STANDARD NORMAL DISTRIBUTION اي ($N(0,1^2)$). فاذا كان المتغير $x$ يساوي ($N(\mu,\sigma^2)$) فإنه يجب ان يحوّل الى التوزيع الطبيعي المعياري بإستخدام ($Z=(x-\mu)/\sigma$) حيث ان لـ $Z$ دالة كثافة إحتمال PROBABILITY DENSITY FUNCTION مقدارها $(2\pi)^{-1/2}e^{-z^2/2}$.

فاذا كانت $x$ تساوي ($N(5,2^2)$) فان ($Z=(x-5)/2$) عندما ($x=9$) وبالتالي فان ($Z=2$).

ان معادلة منحنى التوزيع الطبيعي المعياري: $y = h\pi^{-1/2}e^{-h^2\varepsilon^2}$ حيث ان $y$ هي احتمال حدوث الخطأ $\varepsilon$ و $h$ هو مؤشر الدقة و $e$ هي دالة أسية EXPONENTIAL FUNCTION.




شكل 3-1

## 4 – 1 مؤشرات الدقة INDICES OF PRECISION

من المهم ان يكون بالامكان تقديردقةطاقم من القراءات، وهنالك عدد من المعايير لهذا الغرض، واكثرهذه المعايير شيوعا هو الانحراف المعياري( $\sigma$ )وهو قيمة رقميةتدل على مقدار التغير حول القيمة الوسطية. ولاجل فهم المبدأ" الذي تبنى عليه مؤشرات الدقة يجب تناول القياس الذي ياخذ بنظر الاعتبار كافة القيم الموجودة في طاقم من المعلومات ، وكذا قياس هو الانحراف عن الوسط ( $\bar{x}$ )MEAN لكل قيمة مرصودة( $x_i$ )اي( $x_i - \bar{x}$ )، والتعبير البديهي لكذا قياس سيكون الوسط الحسابي لهذه الانحرافات.ولكن مجموع الانحرافات عن الوسط في توزيع طبيعي يساوي صفر، عليه يمكن استخدام"وسط"مربعات هذه الانحرافات وهذا يسمى "التباين( $\sigma^2$ )VARIANCE" .

(1) "التباين( $\sigma^2$ )" :

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2/n \qquad \ldots(1\text{–}1)$$

يتم الحصول على $\sigma$ نظريا من عدد غيرمحدودمن المتغيرات تعرف ب"المجتمعPOPULATION" .مع ذلك فالمتوفر عمليا هو فقط"عينة"من هذه المتغيرات،وتستخدمS كمخمن غير منحاز ل $\sigma$.ويؤخذ بنظر الاعتبار العدد الصغيرمن المتغيرات في العينة باستخدام( $n-1$ )كمقسوم عليه والذي يسمى في علم الاحصاء ب"تصحيح بيسيلBESSEL CORRECTION" عليه:

(2) "التباين( $S^2$ )" :

$$S^2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2/n-1 \qquad \ldots(2\text{–}1)$$

وحيث ان هذه الانحرافات هي مربعة فان وحدة التباين ستكون مربعة الوحدات الاصلية. وللحصول على مؤشر دقة المعلومات الاصلية يستخدم اذن الجذر التربيعي للتباين وهذا يسمى"الانحراف المعياري (S)STANDARD DEVIATION"، وهكذا :

(3) "الانحراف المعياري(S)" :

$$\sigma = S = \pm\left\{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2/n-1\right\}^{1/2} \qquad \ldots(3\text{–}1)$$

يُعبر عن الانحراف المعياري بالمساحة المظللة في(الشكل 1ـ3)،وبذلك تتعين حدودالخطأ التي يقع بينها (68.3%)من قيم الطاقم،اي 7 في عيّنة عددها 10 .
وبنفس الطريقة يتم الحصول على قياس لدقة وسط الطاقم ( $\bar{x}$ )باستخدام "الخطأ المعياري ( $S_{\bar{x}}$ STANDARD ERROR"، وهــكذا :

(4) "الخطأ المعياري($S_{\bar{x}}$)" :

$$= S_{\bar{x}} = \pm\left\{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2/n(n-1)\right\}^{1/2} = S/n^{1/2} \quad \ldots(4\text{–}1)$$

وهكذا فالخطأ المعياري اذن يشير الى حدود الخطأ التي تقع بينها القيمة"الحقيقية"للوسط بوثوق CERTAINTY في صحة هذه القيمة مقداره(68.3%).
ان ما يجب ملاحظته هوان المؤشرين S و $S_{\bar{x}}$ هما مُعطيـــان مختلفان تماما حيث ان قيمة S لا تتغير بمعنويةبازدياد عددالقراءات($n$)بينما تتغير قيــمة $S_{\bar{x}}$ بمعنوية بازدياد عدد القراءات ،وعليه،ولاجل وصف معلومات مقاســـة يجب استخدام كلا المؤشرين .

من المناسب هنا ، ولو لم يتم البحـث في موضـوع وزن المعلومات بعد،ذكرعددمن المؤشرات الاخرى للدقة تنطـبق على المعلومات الموزونة($w_i$) WEIGHTED DATA :

(5) "الانحراف المعياري للمعلومات الموزونة($S_w$)" :

$$= S_w = \pm\left\{\sum_{i=1}^{n} w_i(x_i - \bar{x})^2/n-1\right\}^{1/2} \quad \ldots(5\text{–}1)$$

(6) "الانحراف المعياري لقياس منفرد بوزن $w_i$ ( $S_{w_i}$ )" :

$$= S_{w_i} = \pm\left\{\sum_{i=1}^{n} w_i(x_i - \bar{x})^2/w_i(n-1)\right\}^{1/2} = S_w/(w_i)^{1/2} \quad \ldots(6\text{–}1)$$

(7) "الخطأ المعياري للوسط الموزون($S_{\bar{w}}$)" :

$$= S_{\bar{w}} = \pm\left\{\sum_{i=1}^{n} w_i(x_i - \bar{x})^2\Big/\sum_{i=1}^{n} (w_i)(n-1)\right\}^{1/2} = S_w\Big/\left(\sum_{i=1}^{n} w_i\right)^{1/2} \quad \ldots(7\text{–}1)$$

لاحظ جيدا :لقد استخدمت الطريقة التقليديــة للتعبير عن "الجمع"لعدد من مؤشرات الدقة حيث انهاالصيغة المتبعة في المراجع الاحصائية،وهكذا يسهل تمييزها .مع ذلك فقـد استخدم شـكل القـوس المربــــع الكـوزي GAUSSIAN الانيق لاغلبية المقادير .

## 5 – 1 الوزن WEIGHT

يعبر عن الاوزان رقميا ،وهي تشير الى الدقة النسبية للكميات ضمن طاقم معين من القيــم ، فكلما كـان الوزن

كبيرا كلما زادت دقة القراءات ذات العلاقة . وهكذا، فقراءة بدقة وزنها 2 يمكن ان تعتبر معتمدةمرتين بقدر القراءة التي وزن دقتها 1 . فخذ قياسي وسطين لزاوية واحدة: (A=50°50′50″)وزنها 1 و (B=50°50′47″)وزنها 2،حيث تكون هاتان الزاويتان مساويتين لثلاث قراءات بوزن متساو وبقيمة وسطية مقدارها : (50″+47″+47″)/3=48″ وعليه فالقيمة الوسطية للزاوية تساوي(50°50′48″).

عند تمحيص هذا المثال يتبين بانه مشابه كما لو ضربت كل قراءة(a)بوزنها (w)وقسم المجموع على مجموع الاوزان [w]،اي ان الوسط الموزون($A_w$):

$$= A_w = \frac{a_1 w_1 + a_2 w_2 + \cdots + a_n w_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n} = \frac{[aw]}{[w]} \qquad \ldots(8\text{–}1)$$

يمكن تعيين الاوزان بطرق مختلفة: (I)عن طريق التقدير الشخصي للظروف السائدة وقت إجراء القياس (II)عن طريق اجراء التناسب المباشر مع عدد القياسات للكميات ، اي ($w \propto n$).(III)باستخدام معاملي التباين والتباين المشترك COVARIANCE وينصح باتباع الطريقة الاخيرة ، وفي حالة معامل التباين فانه يطبق كما يلي بسهولة:

تشير(المعادلة 1–4)الى ان : $S_{\bar{x}} = S/n^{1/2}$

اي ان الخطأ يتناسب تناسبا عكسيا مع الجذر التربيعي لعدد القياسات. ولما كانت($w \propto n$) ، عليه :

$$w \propto 1/S_{\bar{x}}^2 \qquad \ldots(9\text{–}1)$$

اي ان الوزن يتناسب تناسبا عكسيا مع التباين .

من الضروري دائما النظر الى الاوزان بهذه الطريقة خاصة ، مثلا، في حالةالتعديل بالمربعات الصغرى لكميات غير متشابهة كالزوايا والمسافات، فلو اهملت الاوزان ، يفترض بان الخطأ بالزاوية يتناسب طرديا مع الخطأ بالمسافة ،اي "1 الى 1 قدم مثلا او1 متر.وهكذا لو عدل طاقم من المعلومات باستخدام اطوالها بالاقدام ، فمجرد تحويلها الى امتارسيعطي طاقما جديدامن القيم المعدلة – انظر(الفقرة1–12–3).

## 6 – 1 رفض القيم الشاذة REJECTION OF OUTLIERS

انه ليس غريبا عند اخذ قياسات متكررة لكمية معينة ان تكون واحدة منها في الاقل مختلفة تماما عن باقي القياسات ، ويطلق على كذاقياس"القيمة الشاذة OUTLIER" والذي يشعر الراصد بانه من الحكمة رفضها من العينة . مع ذلك فالحكمة يصعب ان تكون جدالا علميالرفض معلومات معينة، وعليه فالمطلوب هو محاولة إحصائية اكثرحيوية.

فكما اشير اليه سابقا في(الفقرة1–4)فان الانحراف المعياري S يمثل (68.3%) من المساحة تحت المنحنى

الطبيعي و عليه فانه يمثل حدود ثقة CONFIDECE LIMITS مقدارها (68.3%). وينتج عن ذلك ان :

(1.96S )يمثل حدود ثقة مقدارها (95%)..(احتمال0.95)

(2.57S )يمثل حدود ثقة مقدارها (99%)..(احتمال0.99)

(3.29S )يمثل حدود ثقةمقدارها (99.9%)..(احتمال0.999)

وعليه فان اي متغيرعشوائي($x_i$)ذا خطأ متبقي مقداره ($x_i-\bar{x}$)اكبر من(±3.29S)يجب ان يقع في نهايتي ذيلي المنحني الطبيعي ،وعليه فانه يجب ان يهمل،اي يجب ان يرفض من العينة. عمليا ،هذا لا يثبت قاعدة مقنعةللرفض بسبب محدودية حجم العينات. فقد بين السيد لوكان في مجلة"SURVEY REVEW"(العدد97) تموز1955" بان القاعدة المناسبة للرفض تتناسب مع حجم العينة وكما يلي:

| حجم العينة | قاعدةالرفض |
|---|---|
| 1.5S | 4 |
| 2.0S | 6 |
| 2.3S | 8 |
| 2.5S | 10 |
| 3.0S | 20 |

وهنالك مبدأ آخر في الرفض ينسب الى شوفينيCHAUVENET: لو كان لمتغير عشوائي ($x_i$)في عينة بحجم n انحرافا عن الوسط اكبر من الاحتمال(1/2n)فانه يجب ان يرفض. فمثلا اذا كانت(n =8)فان: (اي 0.94 او 94%) 1/2n=0.06 ويكون احتمال الانحراف(1.86S).وهكذا فالقيمة الشاذة التي خطأها المتراكم او انحرافها عن الوسط اكبر من (1.86S)يجب ان ترفض. وهذاالمبدأ يعطي الجدول التالي:

| قاعدة الرفض | حجم العينة |
|---|---|
| 1.53S | 4 |
| 1.73S | 6 |
| 1.86S | 8 |
| 1.96S | 10 |
| 2.24S | 20 |

يجب ملاحظة عدم تطبيق عمليات رفض متتالية على العينة.

## 7-1 توزيع (t) للطالب STUDENT'S t-DISTRIBUTION

لقد بينا في(الفقرة 1-3)بانه لاجل تحويل التوزيع ($N(\mu,\sigma^2)$)تستخدم($Z=(x-\mu)/\sigma$). مع ذلك ، اذا استخدمت S كمخمن غير منحاز لـ($\sigma$)فان التوزيع الناتج سوف لن يكون

توزيعا طبيعيا معياريا لكنه سيكون توزيع (تي)للطالب. بدرجات من الحرية(DF) DEGREES OF FREEDOM مقدارها (n-1).وعندما يقترب حجم العينةمن 30 يقترب توزيع(تي) للطالب من التوزيع الطبيعي المعياري .

يقصد بـ"درجات الحرية(DF)"عدد المقاسات التي تمتلك حرية التغير في العينة . فمثلا ، عند قياس كمية n من المرات ، فان اول مقاس يعين الكمية،اما المقاسات الباقية والتي عددها (n-1)فهي مقاسات فائضةREDUNDAKTS تؤخذ لتأكيد صحة المقاس الاول.وعليه يوجد(n-1) درجات حرية. وهنالك طريقة اخرى للنقاش وهي: لو قيست كمية معينة 6 مرات مثلا ووجد الوسط سيكون بالامكان تغيير المقاسات الخمس الاولى ، لكن المقاسة السادسة يجب ان تكون ثابتة نسبة الىالمقاسات الخمس الاولى والىالوسط، وعليه فان هنالك خمس درجات حرية ، اي (DF(n-1)).
لو كان هنالك n من المعادلات التي تحوي m من المتغيرات المستقلة فان عدد درجات الحرية سوف يكون (n-m).

هنالك جداول بالمساحات تحت المنحنى الطبيعي المعياري لاحتساب الاحتمال، ولكن لايوجدجداول بالمساحات تحت منحنى توزيع(تي) وذلك بسبب التغير في عدد درجات الحرية(DF).وهكذا فان جداول(تي) تعطي قيمامرتبطة(تي) لمساحة معينة، و(تي)هي نسبة الفرق بين قيمة الوسط المقاس والوسط المفترض HYPOTHESIZED MEAN الى الخطأ المعياري للوسط ، اي :

$$t = (\bar{x} - \mu)/S_{\bar{x}} \quad \ldots\langle 10\text{–}1\rangle$$

وهكذا يتضح بان توزيع (تي) يجب ان يستخدم عندما يكون حجم العينة اصغر من 30 و σ غير معروفة. وسوف تدرج الان بعض التطبيقات على ذلك .

### 1 – 7 – 1 فترات الثقة

يمكن استخدام توزيع (تي) لاحتساب فترة الثقة لوسط مجتمع(μ)POPULATION MEAN كما يلي :

مثال 1–1:تم قياس الزاويةالمقابلةلذراع التقابل16مرة وكانت قيمة الوسط التي تم الحصول عليها (2°48′34.86″) بانحراف معياري مقداره 3.62″ .اوجدفترات الثقةال(95%) وال(99%) للوسط .

الحل

$n = 16 \quad \bar{x} = 34.86'' \quad S = 3.62''$

$\therefore\ S_{\bar{x}} = S/n^{\frac{1}{2}} = 0.91''$

من التحويل :

$t = (34.86 - \mu)/0.91''$

وعليه فان حدود الثقة للوسط هي(34.86 ± 0.91t) ، ومن

جداول(تي) - انظر الملحق/جدول1-A :

$t_{0.05}$ لـ 15 درجة حرية تساوي2.13 ... احتمال (95%).
$t_{0.01}$ لـ 15 درجة حرية تساوي2.95 ... احتمال (99%).

و عليه فان حدود الثقة لقيمة الوسط هي :

(95%) عند احتمال (2°28′38.86″ 1.93″)
و(99%) عند احتمال (2°48′34.86″ 2.68″)

والطريقة الاخرى للتعبير عما ورد اعلاه هي ان احتمال كون $\bar{x}$ سيقع خارج(2°48′32.93″)و(2°48′36.79″)هو(0.05) او (5%) . ولو افترض توزيع طبيعي فان ( $\bar{x}$1.96S) ستمثل الاحتمال(95%) وستكون حدود الثقة لـ$\mu$هي :
(2°48′34.86″±1.78″)

## 2-7-1 فرضيات الاختبار Testing hypotheses

في كافة إختبارات المعنوية SIGNIFICANCE TESTS يفترض في البداية بأن ليس هنالك فرق معنوي بين التوزيعات التي تحت الاختبار ، وهذه الحالة تسمى ب " فرضية العدم NULL HYPOTHESIS" .

### 1-2-7-1 مسألة ذات عيّنة واحدة

كما سبق وان بينا في المثال السابق ، فلتوزيع(تي) بـ 15 درجة حرية احتمال للقيمة الواقعة"خارج"الحدين (±2.13)مقداره 0.95 اي (95%)،وهذان الحدان هما حدا المعنوية الـ (5%) ، وتوظف هذه القاعدة في اختبار الفرضيات. خذ المثال التالي :

مثال 2-1 : ثبت بأن قيمة زاوية في شبكة إختبار هي (58 35 24.5″)وهي، ولأجل التأكدمن إحتمال حركة الشبكة فقد أعيد قياس الزاوية 9 مرات ونتج عن ذلك قيمةوسطية ($\bar{x}$)مقدارها(58°35 27.3″)بانحراف معياري مقداره2.2″ . فهل هنالك فرق معنوي بين وسط المجتمع ووسط العينةمما يشير الى احتمال حركة المحطات المرصودة ؟

الحل

(A)تشير فرضية العدم الى ان ليس هنالك فرق بين وسط العينة و وسط المجتمع المفترض .
(B) $S_{\bar{x}} = S/n^{\frac{1}{2}} = 2.2/3 = 0.73''$.
(C) $t = (\bar{x} - \mu)/S_{\bar{x}} = (27.3 - 24.5)/0.73 = 3.84$.
(D)من جداول(تي)-انظر الملحق/جدول1-A:حدود المعنوية الـ(1%)لتوزيع(تي)بثمان درجات حرية تساوي (±3.36).
(E)تقع قيمة(تي)البالغة3.84 خارج مستوى الـ(1%)وهكذا يوجد فرق معنوي بين الوسطين وعليه فان " فرضية

العدم " يجب ان ترفض .
وهكذا يظهر بان هنالك حركة موجودة في الشبكة.ومع هذا فانه من الخطأ اعتماد ذلك من دون اجراء قياسات اخرى وبحث مستقل، كما يجب عدم اهمال المعرفة الشخصية والخبرة والرأي لكافة كذا حالات .

2-2-7-1 مسألة ذات عينتين

غالباما يجابه الفرد في اعمال المسح بعملية تقدير طاقمين من القراءات مختلفين بالحجم اويكونان قد رصدا من قبل راصدين مختلفين للتأكد من انهما يمثلان نفس المجتمع.مع هذا "فقبل"اختبار هذه الفرضية يجب اختبار تباينات المعنوية VARIANCES OF SIGNIFICANCE باستخدام اختبار F . وهكذا اذا كان هنالك عينتين بحجمين $n_1$ و $n_2$ و وسطين $\bar{x}_1$ و $\bar{x}_2$ وانحرافين معياريين $S_1$ و $S_2$، فالطريقة تكون :

(A) انشئ "فرضية العدم" بانه لا يوجد فرق بين الوسطين اي ( $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ ) .
(B) اوجد الانحراف المعياري المركب S لكلا العينتين من المعادلة :

$$S = \left\{\frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots(11-1)$$

(C) اوجد الخطأ المعياري باستخدام:

$$S_{\bar{x}} = S\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots(12-1)$$

(D) عند ذلك فان ( $t = | \bar{x}_1 - \bar{x}_2 | / S_{\bar{x}}$ ) تعطي توزيعا بدرجات حرية عددها (( $n_1$-1)+( $n_2$-1)) .
(E) والان اوجد قيمة(تي) من الجداول بـ(( $n_1$-1)+( $n_2$-1)) درجات حرية عند مستوى معنوية مقداره(5%) و/او (1%).
(D) فاذا كانت قيمة(تي)المحتسبة اكبرمن تلك التي وجدت في الجداول ، فانه يوجد دلالة قاطعة لوجود فرق معنوي بين $\bar{x}_1$ و $\bar{x}_2$ عند المستوى (1%) ، اما عند المستوى (5%) فالدلالة على وجود فرق معنوي هي معقولة .اما إن لم يكن هنالك فرق معنوي ، عند ذلك تقبل " فرضية العدم".

## 1 - 8 توزيع ( F ) F-DISTRIBUTION

يستخدم توزيع (F) للمقارنة بين تبايني عينتين باستخدام النسبة بينهما. فمثلا ، اذا اخذ تباينان من نفس المجتمع وكانا متساويين فالنسبة( $F=S_1^2/S_2^2$ ) عندما ( $S_1 > S_2$ )ستساوي 1 . وهنالك جداول تعطي قيم(F)لمستويات معنوية مختلفة . خذ المثال التالي :

مثال 1-3 : المسّاحان A وBيقيسان زاويةواحدة باستخدام مزواة واحدة . A يقيس الزاوية 6 مرات بانحراف معياري

مقداره( 6.8° )وB بقيسها 14 مرة بانحراف معياري مقداره ( 4.9° ). فهل هنالك فرق معنوي بين قابلية هذين المساحين الاثنين ؟

الحل

(A) "فرضية العدم" هي( $S_A = S_B$ ) .

(B) لتوزيع (F) : $F=S_A^2/S_B^2=6.8^2/4.9^2=1.93$

(C)اختبر المعنوية باستخدام جداول(F)ب 5 و13 درجة حرية :

لـ(1%)مستوى معنوية : (انظر الملحق/جدول A-2) F=4.86

لـ(5%)مستوى معنوية : (انظر الملحق/جدول A-3) F=3.03

(D)ان قيمة(F)البالغة1.93 هي غير معنوية(اي انها اكبر من 3.03) عند مستوى معنوية(5%).وعليه تقبل "فرضية العدم" القائلة بأن ليس هنالك فرق معنوي بين الراصدين

## 9-1 توزيع مربع كاي CHI-SQUARED DISTRIBUTION

يكتب"مربع كاي" $\chi^2$ ،وهو اختبار للتكرار بين طوافم من القيم لمعرفة إن كان التغير معنوي، حيث ان $\chi^2$ تمثل مجموع مربعات بالمتغيرات العشوائية المستقلة ع، وعليه فهي نفسها يجب ان تكون متغيرة عشوائية ايضا.فيقال بان للتغير"توزيع مربع كاي" .

### 1-9-1 جودة التطابق Goodness of fit

لاجل اختبار انحياز BIAS عينة ، يجري تقدير الفرق بين التكرارات المرصودة OBSERVED(O) والمتوقعة EXPE(E) CTED . خذ المثال التالي :

مثال 1-4 : تم فحص خمس اجهزة قياس مسافة الكترونية (EDM)بقاعدة تعيير CALIBRATION BASE ذات طول معروف ، وقيست المسافة بكل من الاجهزة الخمسة عددا متساويا من المرات فكانت التكرارات التي وجد بها الطول المعروف لكل جهاز كما يلي:

| الجهاز | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| التكرار المرصود (O) | 8 | 11 | 5 | 13 | 3 |
| التكرار المتوقع (E) | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |

فهل هنالك اي فرق معنوي بين عمل الاجهزة الخمسة ؟

الحل

لو لم يكن هنالك فرق معنوي بين الاجهزة لكان يتوقع ان تكون التكرارات متساوية لكافة الاجهزة،والتي ينتج منها

منها بان معدل القيم المرصودة(O) هو ثمان.

(A) "فرضية العدم" : لايوجد فرق بين القيم المرصودة(O) والمتوقعة(E) .

(B)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{5} \{(O-E)^2/E\} = \frac{(8-8)^2}{8} + \frac{(11-8)^2}{8} + \frac{(5-8)^2}{8} + \frac{(13-8)^2}{8} + \frac{(3-8)^2}{8} = 8.52$$

(C)من جداول توزيع مربع كاي $\chi^2$-انظر الملحق/جدولA-4،
وباستخدام(4=1-5)درجات حرية :
لمستوى معنوية(1%)نجد بان($\chi^2$=13.38 )
لمستوى معنوية(5%)نجد بان($\chi^2$ = 9.49 )

(D)عندالمستوى(5%)لايوجدفرق معنوي وعليه تقبل " فرضية العـــدم"، ويمكن اثبات بانه لا يوجد فرق معنوي في عمل الاجهزة الخمسة .

## 2 - 9 - 1 جداول الطواري Contingency tables

لقد تم في المثال السابق تصنيف التكرارات بموجـــب معيار واحد فقط وهو عدد القياسات "الحقيقية" التي تم الحصول عليها . فلو اخذ بنظر الاعتبار معيارثاني كاخذ القراءات تحت ظروف حرارية مختلفـة تماما ، اي وجـود معياران ، وكما هو مبين ادناه:

| الجهـــاز | A | B | C | D | E | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| التكراربدرجة(25°C) | 5 | 10 | 7 | 13 | 5 | 40 |
| التكراربدرجة(0°C) | 7 | 13 | 10 | 18 | 7 | 55 |
| المجـموع | 12 | 23 | 17 | 31 | 12 | 95 |

جدول طواري

يعرف الجدول اعلاه بصفين وخمسةاعمدةبجدول طواري(2×5).

يستخدم إختبار $\chi^2$ لاختبار فرضية ان درجة الحرارة وتكرار المقاسات هما معياران مستقلان .
(A) فرضـية العدم : التكرار هو مستقل عن درجةالحرارة
(B) باخذ درجة حرارة مقدارها(25°C) يمكن توقـع صـــحة العلاقة التالية:

$$\frac{\text{مجموع التكرارات بدرجة(25°C)}}{\text{المجموع الكلي للتكرارات}} = \frac{\text{(تكرار A)}}{\text{(مجموع التكرارات)}}$$

اي :

$$\frac{40}{95} = \frac{8}{12}$$

وهكذا اذا كانت $E_A$ تمثل التكرار المتوقع لـA عند درجة حرارة(25°C) يكون لدينا : $E_A/12 = 40/95$
إذن : $E_A=(40\times12)/95=5$

وهكذا اذا كانت:
R =(مجموع الصفوف)
C =(مجموع الاعمدة)
T =(المجموع الكلي)

فالتكرار المتوقع يساوي : $E=(R\times C)/T$
وباستخدام هذه المعادلة تحتسب التكرارات المتوقعةعند درجة حرارة(25°C).ويمكن استخراج التكرارات عند درجة حرارة صفر ستغراد من المجاميع وكما هو مبين ادناه:

| الجهاز | $E_A$ | $E_B$ | $E_C$ | $E_D$ | $E_E$ | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| التكرار بدرجة (25°C) | 5 | 10 | 7 | 13 | 5 | 40 |
| التكرار بدرجة (0°C) | 7 | 13 | 10 | 18 | 7 | 55 |
| المجموع | 12 | 23 | 17 | 31 | 12 | 95 |

(C)باستخدام الجدولين تستخرج قيمة $\chi^2$ كما يلي :

$$\chi^2 = (8-5)^2/5 + (11-10)^2/10 + (5-7)^2/7 + (13-13)^2/13 + (5-3)^2/3 + (4-7)^2/7 + (12-13)^2/13 + (12-10)^2/10 + (18-18)^2/18 + (9-7)^2/7 = 6.14$$

(D)باستخدام جداول الطواري CONTINGENCY TABLES يكون عدد درجات الحرية(DF)المستخدمة:
(R-1)(C-1)=(2-1)(5-1)=4 DF
وهكذا من جداول $\chi^2$ -انظر الملحق/جدولA-4 . وباستخدام (4 DF):
لمستوى(1%)تكون($\chi^2$=13.28) و
لمستوى(5%)تكون($\chi^2$= 9.49)
وعليه فان ($\chi^2$=6.14) ليست معنوية عند الـ(5%)وتقبل فرضية العدم"، وهكذا فان ليس لعمل الجهاز علاقة بدرجة الحرارة .

مما يجب ملاحظته في كلاالمثالين السابقين ان$\chi^2$هي فقط معنوية اذا كانت اكبرمن القيم المعطاة عند المستويين (5%) و(1%)،وكذا اختبارات تسمى"اختبارات ذات الذيل الواحد ONE TAILED TESTS".

## 3-9-1 مقارنة التباينات Comparison of variances

يمكن استخدام اختبار$\chi^2$ايضا لاختبار فرضية ان تباين المجتمع يساوي تباين العينة،اي($\sigma^2$=$S^2$).فهذا طبعا يتضمن معرفة إن كانت$\sigma$هي"اكبر"بمعنوية او"اصغر"بمعنويةمنS، وعليه فانها تتطلب بحثا عند كل من ذيلي منحنيالتوزيع، وهذا يسمى "الاختبار ذوالذيلين TWO TAILED TEST"،وعليه فاننا لا يمكن ان نستخدم جداول$\chi^2$ ذات الذيل الواحد

الخاصة بـ"جودة التطابق GOODNESS OF FIT".

ولاجل اختبار الفرضية بان($\sigma$=S)، تستخرج قيمة$\chi^2$باستخدام:
$\chi^2 = (n-1)S^2/\sigma^2$ ...(13-1)
وتختبر الفرضية باستخدام جداول توزيع$\chi^2$بـ(n-1) درجات حرية.

مثال 1-5: لقد تضرر جهاز مزواة الجايرو GYRO THEODOLITE في حادث خلال عملية انشاء نفق وقد تم إصلاحه فيما بعد حيث اُحدث فيه بعض التحوير من جراء التصليح. وكانت المزواة قد اعطت قياسات معيارية CALIBRATION MEASUREMENTS متكررة الى خط قاعدة ذو سمت معروف في الماضي لإنحرافا معياريا مقداره(±8"). ولتدقيق الجهاز المحور اُخذت به 20 قراءة الى خط القاعدة هذا و وجد ان الانحراف المعياري 12" . فهل ادت التصليحات والتحويرات الى تغيير معنوي في عمل الجهاز؟

الحل

(A) "فرضية العدم" هي : $\sigma = S$
(B) $\chi^2 = (n-1)S^2/\sigma^2 = (20-1) \times 12^2/8^2 = 42.75.$
(C)من جداول$\chi^2$- انظر الملحق/جدول A-4 . فلتباينات بـ19 درجة حرية: لمستوى معنوية(1%)، $\chi^2$ تساوي 6.844 و 38.582
لمستوى معنوية(5%)، $\chi^2$ تساوي 8.907 و 32.852
تكون قيمة($\chi^2$=42.75)معنوية عند مستوى(1%)ويوجد دلالة قاطعة بان($\sigma$≠S)، وهكذا ترفض "فرضية العدم" . ويتبين بان مستوى عمل الجهاز قد تاثر(انخفض)بالاصلاح والتحوير.

فلو اختلفت اختلفت صيغة السؤال السابق لتكون:
(I)هل ان الاصلاحات والتحويرات قد "حسّنت" الاداء بمعنوية؟
او(II) هل ان الاصلاحات والتحويرات قد "خفضت" الإداء بمعنوية؟
عليه، ولو اننا مازلنا نختبر الفرضية ($\sigma$=S) ، لكنها ستختبر ازاء "الفرضية البديلة ALTERNATIVE HYPOTHESIS":
(I)($\sigma$<S) او(II)($\sigma$>S) . وفي هذه الحالة يكون الاختبار بذيل واحد، وتستخدم جداول$\chi^2$ذات الذيل الواحد للتباين.

## 10 - 1 تركيب الاخطاء COMBINATION OF ERRORS

يستخرج كثير من المعلومات بشكل غير مباشر من تراكيب مختلفة من المعلومات المرصودة، فمثلا ، تكون احداثيات نقطة بدلالة الطول والاتجاه للخط. وحيث ان كل قياس يحتوي على خطأ، فمن الضروري البحث في التاثير المركب لهذه الاخطاء على الكمية المستخرجة.

عموما، يتم اجراء التفاضل على الدالة نسبة الى كل من الكميات المقاسة بتسلسل، وبالجمع يتم الحصول على

تاثيراتها .وهكذا اذا كانت : $a=f(x,y,z,\cdots)$
واذا حوت هذه المتغيرات على الاخطاء $(\delta x)$و$(\delta y)$و$(\delta z)$و..
فمجموع الخطا' في $a$ سيكون$(\delta a)$:

$$\delta a = \frac{\partial f}{\partial x}\delta x + \frac{\partial f}{\partial y}\delta y + \frac{\partial f}{\partial z}\delta z + \cdots \qquad \ldots\langle 14\text{-}1\rangle$$

فاذا كان المطلوب ايجادالخطا' المعياري في$a$الذي سببه الاخطاء المعيارية في$x$و $y$ و $z$ و..الخ ،تستخدم المعادلة التالية :

$$\sigma_a^2(f) = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\sigma_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\sigma_y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\sigma_z\right)^2 + \cdots \qquad \ldots\langle 15\text{-}1\rangle$$

وهذه هي المعادلة العامة لتباين الدالة. ان‹المعادلة 15-1›مهمة جداوهي تستخدم بشكل واسع في اعمال المساحة بالرغم من محدودياتها الاحصائية.فمثلا،في عمليةالتفاضل الجزئيPARTIAL DIFFERENTIATION بالنسبة لـ$x$ يتم إبقاء $y$و$z$ ثابتتان وقتيًا وتفترض$a$بانها بدلالة$x$فقط، ولو أن هذا قد لا يكون كذلك في الواقع.ثم ان‹المعادلة 15-1› تعطي جوابا تقريبيا فقط والذي تعتبر دقته عموماكافية لهذا الغرض .

يفهم من الاستنتاجات القادمة بان تباين العينة$S^2$قد حل،عموما ،محل تباين المجتمع$\sigma^2$ .

## 1-10-1 الاخطاء التي تؤثر على الجمع او الطرح

خذ الكمية$(A(f)=a+b)$ حيث ان $a$و$b$قد تأثرتا بخطأين معياريين$(\sigma_a)$و$(\sigma_b)$ ، فعليه:

إذن:

$$\sigma_A^2 = \left\{\frac{\partial(a+b)}{\partial a}\sigma_a\right\}^2 + \left\{\frac{\partial(a+b)}{\partial b}\sigma_b\right\}^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2 \quad \therefore \sigma_A = \pm(\sigma_a^2+\sigma_b^2)^{\frac{1}{2}} \ldots\langle 16\text{-}1\rangle$$

وحيث ان عملية الطرح هي مجرد عمليةجمع بتبديل الاشارة فان المعادلة اعلاه هي ايضا صحيحةل"الفرق"بين الاخطاء.

وفي حالة$(\sigma_a=\sigma_b=\sigma)$ فان :

$$\sigma_A = \pm\sigma(n)^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots\langle 17\text{-}1\rangle$$

يجب تمييز‹المعادلة 17-1›عن‹المعادلة 4-1›التي تشير الى "الوسط MEAN" وليس الى "الجمع SUM" كما هو الحال في اعلاه .

مثال 6-1 : اذا كان لكل من زوايا مثلث خطأ' معياري مقداره$(\pm 2'')$، فما هو مجموع الخطأ' $(\sigma_T)$ في المثلث ؟

الحل

$$\sigma_T = \pm(2^2 + 2^2 + 2^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 2(3)^{\frac{1}{2}} = \pm 3.5''$$

مثال 1-7 : عند قياس زوايا دائرية في محطة ، احتسبت الزاوية الثالثة c التي تقفل الدائرة بطرح الزاويتين المقاستين a و b من 360°. فاذا كان للزاوية a خطأ معياري مقداره (±2") وللزاوية خطأ معياري مقداره (±3")، ما هو الخطأ المعياري للزاوية c ؟

الحل

$$c \pm \sigma_c = 360° - (a \pm \sigma_a) - (b \pm \sigma_b)$$
$$= 360° - (a \pm 2'') - (b \pm 3'')$$

وحيث ان :

$$c = 360° - a - b$$

عليـــه :

$$\pm\sigma_c = \pm\sigma_a \pm \sigma_b = \pm 2'' \pm 3''$$

و ( $\sigma_c$ ) تساوي :

$$\sigma_c = \pm(2^2 + 3^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 3.6''$$

مثال 1-8 : الخطأ المعياري ل "وسط MEAN" زاوية مستخرجة من اربع قياسات هو (±3"). فما هو عدد القياسات المطلوبة لتقليل هذا الخطأ الى النصف باستخدام نفس الجهاز؟

الحل

من (المعادلة 1-4) :

$$\sigma_m = \pm\frac{\sigma_s}{n^{\frac{1}{2}}} \qquad \therefore\ \sigma_s = 3 \times 4^{\frac{1}{2}} = \pm 6''$$

اي ان للجهاز المستخدم خطأ معياري مقداره (± 6") لكل قراءة. وهكذا لاجل ان تكون ( $\sigma_m = \pm 1.5''$ ) عندما ( $\sigma_s = \pm 6''$ ) :

$$n = \left(\frac{6}{1.5}\right)^2 = 16$$

مثال 1-9 : اذا كان الخطأ المعياري لمثلث في عملية تثليث (بقياس الزوايا) يساوي (±6.0")، ما هو الخطأ المعياري المسموح به لكل زاوية؟

الحل

من (المعادلة 1-17) :

$$\sigma_T = \sigma_p(n)^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان $\sigma_T$ هي الخطأ في المثلث TRIANGULAR ERROR و $\sigma_p$ هو الخطأ في الزاوية و n هو عدد الزوايا.

اذن :

$$\therefore\ \sigma_p = \frac{\sigma_T}{(n)^{\frac{1}{2}}} = \frac{\pm 6.0''}{(3)^{\frac{1}{2}}} = \pm 3.5''$$

## 1 - 10 - 2 الاخطاء التي تؤثر على عملية الضرب

خذ ( A(f)=a×b×c ) حيث كانت a و b و c قد تأثرت بأخطاء

معبارية. فالتباين ($\sigma_A^2$) يساوي:

$$\sigma_A^2 = \left\{\frac{\partial(abc)}{\partial a}\sigma_a\right\}^2 + \left\{\frac{\partial(abc)}{\partial b}\sigma_b\right\}^2 + \left\{\frac{\partial(abc)}{\partial c}\sigma_c\right\}^2$$

$$= (bc\sigma_a)^2 + (ac\sigma_b)^2 + (ab\sigma_c)^2$$

اذن :

$$\therefore\ \sigma_A = \pm abc\left\{\left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{c}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots \langle A18\text{-}1\rangle$$

ويمكن اعتبار الكميات داخل الاقواس اخطاء نسبية $R_a$ و $R_b$ و $R_c$ معطية :

$$\sigma_A = \pm abc(R_a^2 + R_b^2 + R_c^2)^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots \langle B18\text{-}1\rangle$$

## 1 – 10 – 3 الاخطاء التي تؤثر على عملية القسمة

خذ ($A(f)=a/b$) ، وعليه يكون التباين ($\sigma_A^2$):

$$\sigma_A^2 = \left\{\frac{\partial(ab^{-1})}{\partial a}\sigma_a\right\}^2 + \left\{\frac{\partial(ab^{-1})}{\partial b}\sigma_b\right\}^2 = \left(\frac{\sigma_a}{b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b a}{b^2}\right)^2$$

$$\therefore\ \sigma_A = \pm\frac{a}{b}\left\{\left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots \langle A19\text{-}1\rangle$$

$$= \pm\frac{a}{b}(R_a^2 + R_b^2)^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots \langle B19\text{-}1\rangle$$

## 1 – 10 – 4 الاخطاء التي تؤثر على القوى والجذور

يجب التمييز بين قوة رقم (اي $a^n$) وعملية الضرب، ما دامت ($a^3 = a \times a \times a$) الذي تكون فيه الحدود الثلاثة متساوية.

وهكذا اذا كانت ($A(f)=a^n$) فالتباين ($\sigma_A^2$) يساوي :

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{\partial a^n}{\partial a}\sigma_a\right)^2 = (na^{n-1}\sigma_a)^2 \qquad \therefore\ \sigma_A = \pm(na^{n-1}\sigma_a) \qquad \ldots \langle A20\text{-}1\rangle$$

كذلك فان $R_A$ :

$$R_A = \frac{\sigma_A}{a^n} = \frac{na^{n-1}\sigma_a}{a^n} = \frac{n\sigma_a}{a} = nR_a \qquad \ldots \langle B20\text{-}1\rangle$$

ونفس الشيء ينطبق بالنسبة للجذور فاذا كانت الدالة ($A(f)=a^{1/n}$) فان التباين ($\sigma_A^2$) يساوي :

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{\partial a^{1/n}}{\partial a}\sigma_a\right)^2 = \left(\frac{1}{n}a^{1/n-1}\sigma_a\right)^2 = \left(\frac{1}{n}a^{1/n}a^{-1}\sigma_a\right)^2 = \left(\frac{a^{1/n}}{n}\frac{\sigma_a}{a}\right)^2$$

اذن :

$$\therefore \sigma_A = \pm\left(\frac{a^{1/n}}{n}\frac{\sigma_a}{a}\right) \qquad \ldots(21-1)$$

ويتبع نفس الاسلوب للتعابير العامة التي هي تراكيب من التعابير اعلاه. ويمكن ايجاد امثلة على ذلك في كل من هذا الكتاب والجزء الاول/سكوفيلد- شعان 1983 .

## 11 - 1 تعديل القراءات بطريقة المربعات الصغرى

ان المقاسات الاساسية في إنشاء شبكات الضبط ثنائية او ثلاثية الابعاد هي الزوايا والمسافات . وعموما،تؤخذ معلومات اكثر مما يكفي لاجل تأمين ما يدقق الاخطاء وللتمكين من إجراء"تعديل" اكثر مقبولا إحصائيا ولاجراء تحليل للقوة. ويشار الى المعلومات الاضافية المأخوذة بـ"القياسات الفائضة REDUNDANT MEASUREMENTS" .

فالاجهزة الحديثة مع المهارات المهنية تمكّن من أخذ المعلومات الحقلية المذكورة اعلاه بدقة تامة تقريبـاً وبدرجة عالية جدا من الضبط ، وبالرغم من ذلك، فمهما تكن طرق التعديل المستخدمةسيحدث تشويه في شكل الشبكة نتيجة التغييرات التي يحدثها التعديل في الزوايا والمسافات المقاسة.اي ان الزوايا والمسافات المحتسبة من الاحداثيات المقبولة الاخيرة ستختلف عن تلك التي رصدت اصلا. ينتج عن ذلك بانه لما كان"التعديل"ضروريا للحصول على الشكل الصحيح هندسيا ، فانه يجب استخدام فقط تلك الطرق في التعديل التي تؤدي الى اقل تغييرات في القراءات.وعليه يكون تعديل "المربعات الصغرى" هو الطريقة الملائمة .

مما يجب ملاحظته ، ولو ان المربعات الصغرى ليست هي ـ بأي حال من الاحوال ـ الطريقة المثلى ( سكوفيلد 1979) لان التغيرات الحاصلة على المعلومات غالبا ما تختلف حسب مبدأ التوزيع الطبيعي للمتغيرات وحسب قناعة الراصد. وبالتأكيد يمكن الجدل بأن تستخدم التسمية "طرق التشويه DISTORTING PROCEEDURES" بدلا من "طرق التعديل ADJUSTMENT PROCEEDURES".ومع كل ذلك فمن بين كافة طرق التعديل المتوفرة يكون لطريقة المربعات الصغرى افضلية إضفاء اصغر التغييرات على المعلومات في الوقت الذي تعطي فيه طريقة صحيحة إحصائيا . اي يمكن تطبيقها عالميا على كافة انواع الشبكات ، وهي ايضا سهلة في استخدامها نسبيا وتوفر تحليلا لقوة الشبكة النهائية .

ولاجل التعرف على معنى تحليل قوة الشبكة عن كثب ، يجب ان يكون في الحسبان بأن هنالك ثلاث شبكات. فاولا هنالك الشبكة كما هي منشأة على الارض وهذه هي الشبكة الحقيقية ( لكنها غير معروفة ) ، كما وان قياس هذه الشبكة لاجل تعيين الموقع والشكل والحجم يعطي الشبكة الثانية والتي - بسبب اخطاء القراءات - ستختلف عن الشبكة الحقيقية. واخيرا توجد الشبكة"المعدلة"والتي بالتأكيد ستختلف عن الشبكة المرصودة وحتى انها قد تكون اكثر اختلافا عن الشبكة الحقيقية ، وهذه الشبكة الاخيرة هي التي يتم تحليل قوتها(او إعتمادها) ويكون هذا التحليل مبنيا على اختلافها عن الشبكة المرصودة .

وهكذا - عمليا - يجب التأكيد دائما على تقليل الاخطاء في اعمال الرصد بدلا من إتباع طرق مسفسطة "التعديل" وتحليل تلك الاخطاء.

لقد استخدمت طريقة المربعات الصغرى لاكثر من 150 سنة وهي تنسب للعالم كوز GAUSS ولو انها تنسب احيانا الى العالمين لابلاس وماركوف . مع هذا ، فعند استقصاء كتابات العلماء الثلاثة (بلاكيت 1969) يكون كوز هو العالم المحق بايجادها. مع ذلك ففي عالم الاحصاء يشار الى النظريةالاساسية في الموضوع ب"نظرية كوز- ماركوف" وتنص هذه النظرية على ان في حالة كون القراءات المستقلة متساوية في الوزن تكون تقديرات المربعات الصغرى تقديرات خطية LINEAR غير منحازة UNBIASED وبأصغر تباين . ويتضح من مؤلفات المساحة بأن قاعدة المربعات الصغرى تستخرج للرصدات ذات التوزيع الطبيعي ويعبر عنها عادة بالقيمة الاكثر احتمالا(MPV) او بأفضل تقدير خطي غير منحاز BEST LINEAR UNBIASED ESTIMATE والذي يكون فيه مجموع مربعات الكميات المتبقية الموزونة بأصغر قيمة ، اي:

$$[wr^2] = MIN \text{ (اصغر قيمة)}$$

او بتعبير المصفوفة الرباعية QUADRATIC FORM MATRIX:

$$r^TWr = MIN \text{ (اصغر قيمة)}$$

حيث ان r هي متجه VECTOR الاخطاء المتبقية و W هي المصفوفة القطرية الموزونة لمقلوبات تباينات القراءات .

يميل المساحون لاستخدام التعبير"المربعات الصغرى تعطي القيمة الاكثر احتمالا"، ومع ذلك فالمربعات الصغرى هي مجرد علاقة رياضية بين القراءات الاصلية وقيمها المعدلة ، ولو ان الاحصائيين يستخدمون اصغر التباين MINIMUM VARIANCE كمعيار لاداء التقدير لانه

يصف القيم المستخرجة بوضوح اكثر.فالتقدير ذو التباين الاصغر هو ذلك التقدير الذي يكون فيه للمجاهيل المقدرة تباينا اصغر من اي تقدير مستخرج آخر. وكمثال على ذلك هو الوسط الحسابي لطاقم من القراءات .

من الجدير بالملاحظة : ولو يسهل استخراج قاعدة المربعات الصغرى من معادلة منحنىالتوزيع الطبيعي فقد اثبت "سونتر SUNTER" 1966 بأن الطريقة تعطي تقديرات لاصغر التباين بغض النظر عن التوزيع.مع هذا فإن كانت المعلومات موزعة طبيعيا فالحل بالمربعات الصغرى سيعطي القيم الاكثر إحتمالا(MPV) . وهذه الناحية هي مهمة من من وجهة نظر علم المساحة لان القيم المستخدمة للزوايا والمسافات لابد أن تكون الوسط الحسابي لطاقم من القراءات . وهكذا ففي الوقت الذي قد لا تكون فيه المتغيرات المفردة في طاقم موزعة توزيعا طبيعيا ، فإن "نظرية الحد الوسطيCENTRAL LIMIT THEORY"تشير الى أن قيمة الوسطMEAN هي موزعة طبيعيا . وبناء على ذلك يمكن الجدل بأن كافة المعطيات المستخدمة في الحل بطريقة المربعات الصغرى لشبكة مسح هي موزعة طبيعيا .

## 1 – 11 – 1 قاعدة المربعات الصغرى

تعطى معادلة منحنى الاحتمال من : $y = h\pi^{-\frac{1}{2}} e^{-h^2\varepsilon^2}$

حيث أن e هي دالة أسية و h هو مؤشر الدقة و y هو إحتمال وقوع الخطأ ε .

إجعل $\pi^{-1/2}$ تساوي A فإن: $y = Ah\, e^{-h^2\varepsilon^2}$

وبإجراء التفاضل بالنسبة الى h :

$$\frac{dy}{dh} = A\{e^{-h^2\varepsilon^2} + h(-2h\varepsilon^2 e^{-h^2\varepsilon^2})\} = A\, e^{-h^2\varepsilon^2}(1 - 2h^2\varepsilon^2)$$

وعندما تكون y بأكبر قيمة MAX:

$$\frac{dy}{dh} = 0 \qquad \text{i.e.} \quad 1 - 2h^2\varepsilon^2 = 0 \qquad \therefore\ \varepsilon^2 = \frac{1}{2h^2}$$

وبأخذ الاخطاء بنظر الاعتبار:

$$\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \cdots \varepsilon_n^2 = \frac{1}{2h_1^2} + \frac{1}{2h_2^2} + \cdots + \frac{1}{2h_n^2}$$

عليه :

$$[\varepsilon^2] = \left[\frac{1}{2h^2}\right]$$

وحيث أن h تمثل الدقةPRECISION فإن درجة ضبط القراءات ACCURACY ستزداد بإزدياد h .مع ذلك فإن $(1/2h^2)$ تنقص بإزدياد h . وهكذا فإن اعلى درجة ضبط سيتم الحصول عليها عندما:

$[1/2h^2]=[\varepsilon^2]=($ اصغر قيمةMINIMUM $)$ ...(22-1)

وبتحويل المعادلة الى كلمات: "إن اكثر القيمة احتمالا لكمية ما ، هي تلك التي يكون فيها مجموع مربعات الاخطاء (المتراكمة) بأصغر قيمة". هذه هي قاعدة المربعات الصغرى كما هي مفهومة عموما من قبل المساحين . أما تعريفها الادق فقد سبق ذكره انفا .

هنالك طريقتان لتعديل القراءات بهذه التقنية وهما :

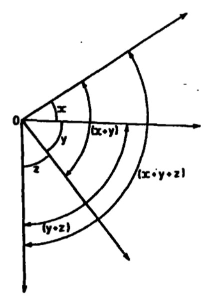
(A) "الطريقة غير المباشرة" والتي تستخدم معادلات الرصد OBSERVATION EQNS• و

(B) "الطريقة المباشرة" والتي تستخدم المعادلات الشرطية CONDITION EQNS•

وللطريقة غير المباشرة عدد من معادلات الرصد مساوي لعدد الزوايا والمسافات في الشبكة، وهكذا يمكن أن يصبح تناول المعلومات في الشبكات الكبيرة مشكلة على الكومبيوتر. أما الطريقة المباشرة فلها عدد اقل من المعادلات وبالحقيقة عدد يساوي الظروف التي يجب الايفاء بها. مع ذلك فالطريقة غير المباشرة لتغيير الاحداثيات تستخدم الان عالميا لسهولة تطبيقها على اي نوع من انواع الشبكات. وهكذا فإن برنامج واحد يفي بكافة المتطلبات. ايضا ، في الشبكات المعقدة حيث يوجد عدد من الكميات الفائضة REDUNDANCIES، يكون من الصعب جدا - إن لم يكن مستحيلا - تكوين معادلات شرطية مرضية تماما .

## 2 - 11 - 1 طريقة معادلات الرصد

لما كان الهدف من المشاهدات الحقلية هو الخروج بالقيمة الحقيقية او القيمة الاكثر إحتمالا (MPV) لقياس ما ، فإن التعديلات يجب أن تؤدي الى اقل تغييرات ممكنة في قيمها شرط ان تحوي القياسات اخطاء عفوية فقط. فمثلا عند تعديل قيمة زاوية تبقى الدرجات والدقائق كما هي وتتغير الثواني فقط . وهكذا لاجل نقل القيمة بكاملها (اي الدرجات والدقائق والثواني) الى التعديل، هذا سيؤدي بكل بساطة الى عمل إضافي عند التعامل مع الكميات الصعبة . فالطريقة المقترحة هنا هي إذن فرض قيمة للكمية وتعيين التصحيح بواسطة المربعات الصغرى الذي سيعطي القيمة الاكثر إحتمالا (MPV) لتلك الكمية. ومن ذلك يستنتج بانه اذا كانت القيمة المفترضة للكمية اقرب ما يمكن من القيمة الاكثر إحتمالا فإن حجم التصحيح سيكون اصغر ايضا . فمن الجملة الاولى يمكن الاستنتاج بأن افضل قيمة للقيمة المفترضة هي القيمة المقاسة نفسها . وسوف يجري الان حل تعديل بسيط لمحطة معينة لاجل توضيح هذه التقنية .




شكل 4-1

يبين(الشكل 4-1)القراءات المأخوذة الى محطات محيطة بالمحطة O ،وقد سجلت القيم الوسطية التالية:

$x = 25° 18' 30''$
$y = 40° 20' 25''$
$z = 30° 30' 35''$
$(x+y) = 65° 38' 52''$ ) قراءات إضافية فائضة
$(y+z) = 70° 51' 02''$ ) REDUNDANT
$(x+y+z) = 96° 09' 31''$ ) OBSERVATIONS

المطلوب من تعديل المربعات الصغرى ايجاد اكثر القيم إحتمالا لـــ x و y و z .

"الخطوة 1 - إفرض القيم A للكميات المطلوبة"، ودعها تساوي القيم المقاسة:

$A_x = 25° 18' 30''$
$A_y = 40° 20' 25''$
$A_z = 30° 30' 35''$

"الخطوة 2 - كون معادلات الرصد". فبتطبيق التصحيح على المفروضة يتم الحصول على القيم الاكثر إحتمالا (MPV):

$A_x+v_1=$ (القيمة الاكثر إحتمالا لـ x)
$A_y+v_2=$ (القيمة الاكثر إحتمالا لـ y)
$A_z+v_3=$ (القيمة الاكثر إحتمالا لـ z)

وبإعطاء الرمز Q للقيم المرصودة ، سيكون واضحا بأن الفرق بين القيمة الاكثر إحتمالا والقيمة المرصودة هو الخطأ المتبقي r ، اي:

$(A_x+v_1)- \quad Q_x \quad = r$ (الخطأ في الزاوية x) =

اي : (الخطأ المتبقي)=(القيمة المرصودة)-( MPV )

وهكذا بتعويض القيم المفترضة من الخطوة 1 والقيم المرصودة من السؤال ينتج:

$25°18'30"+v_1-25°18'30"=r_1$ ، $\therefore v_1=r_1$

وهكذا ($v_2=r_2$) و ($v_3=r_3$) كما هو مبين في السؤال.

ايضا : $(A_x+v_1)+(A_y+v_2)-Q_{(x+y)}=r_4$

اي: $(25°18'30"+v_1)+(40°20'25"+v_2)-65°38'52"=r_4$

كذلك بالنسبة لـ (y+z):

$$(40° 20' 25" + v_2) + (30° 30' 35" + v_3) - 70° 51' 02" = r_5$$
$$\therefore v_2 + v_3 - 2" = r_5$$

ثم بالنسبة الى (x+y+z):

$$(25° 18' 30" + v_1) + (40° 20' 25" + v_2) + (30° 30' 35" + v_3) - 96° 09' 31" = r_6$$
$$\therefore v_1 + v_2 + v_3 - 1" = r_6$$

وهذه إذن ادناه هي معادلات الرصد المختصرة :

$$v_1 = r_1$$
$$v_2 = r_2$$
$$v_3 = r_3$$
$$v_1 + v_2 + 3" = r_4$$
$$v_2 + v_3 - 2" = r_5$$
$$v_1 + v_2 + v_3 - 1" = r_6$$

الخطوة 3 - كوّن المعادلات الطبيعية". ويجب التعبير عن شرط المربعات الصغرى: (أصغر قيمة) $[r^2]=[r.r]=MIN.$ بتعبير من التصحيحات ، اي: (أصغر قيمة) $[v.v]=MIN.$

فإذا كانت $(P=[v.v])$ سيصبح الشرط الذي يجعلها بأصغر قيمة:

$$\frac{\partial P}{\partial v_1}=\frac{\partial P}{\partial v_2}=\frac{\partial P}{\partial v_3}=0$$

ومن معادلات الرصد:

$$P=v_1^2+v_2^2+v_3^2+(v_1+v_2+3'')^2+(v_2+v_3-2'')^2+(v_1+v_2+v_3-1'')^2$$

$$\therefore\ \frac{\partial P}{\partial v_1}=2v_1+2(v_1+v_2+3'')+2(v_1+v_2+v_3-1'')$$

إن جعل المقدار مساويا للصفر والتقسيم على 2 ثم جمع الحدود المتشابهة سيعطي:

$$3v_1+2v_2+v_3+2''=0$$

وبنفس الطريقة:

$$\frac{\partial P}{\partial v_2}=v_2+(v_1+v_2+3'')+(v_2+v_3-2'')+(v_1+v_2+v_3-1'')$$

$$=2v_1+4v_2+2v_3=0$$

$$\frac{\partial P}{\partial v_3}=v_3+(v_2+v_3-2'')+(v_1+v_2+v_3-1'')$$

$$=v_1+2v_2+3v_3-3''=0$$

وهذه إذن تسمى "المعادلات الطبيعية" وهي تلخص كما يلي:

$$\begin{aligned}3v_1+2v_2+v_3&=-2''\\2v_1+4v_2+2v_3&=0\\v_1+2v_2+3v_3&=3''\end{aligned}$$

وهذه المعادلات هي بسيطة بحيث يمكن حلّها بطرق التعويض الاعتيادية معطية:

$v_1=-1''$ ، $v_2=-0.25''$ ، $v_3=1.5''$

وتعوض هذه القيم الآن في القيم المفترضة لتعطي القيم الاكثر إحتمالا (MPV):

(MPV) لـ $x$ : $= Ax + v_1 = 25°18'30'' -1'' = 25°18'29.00''$
(MPV) لـ $y$ : $= Ay + v_2 = 40°20'25''-0.25'' = 40°20'24.75''$
(MPV) لـ $z$ : $= Az + v_3 = 30°30'35''+1.5'' = 30°30'36.50''$

ويمكن تقريب القيم الاكثر إحتمالا الان الى اقرب ثانية بشكل يتناسب مع دقة المعلومات الحقلية.

يجب على الطالب ملاحظة النقاط التالية باعتناء:

(1)تتسم "المعادلات الطبيعية" بالتماثل SYMMETRY من حيث أن المعاملات في الصف الاول تعاد في العمود الاول والمعاملات في الصف الثاني تعاد في العمود الثاني ، كما هو مؤشر بالاسهم.

(2)ولو ينصح باستخدام القيم المرصودة بدلا من القيم المفترضة ، لكن هذا ليس ملزما. فبفرض قيمة مختلفة سينتج تصحيحا مختلفا معطيا في النهاية نفس الـ(MPV).

(3)بالنظر لعدم إستخدام الخطأ ٣" في هذه الطريقة فيمكن أن يهمل مستقبلا. وهكذا تكتب معادلات الرصد كما يلي:

$$v_1 = 0$$
$$v_2 = 0$$
$$v_3 = 0$$
$$v_1 + v_2 = -3''$$ و$(v_1 + v_2 + 3'' = 0)$، اي أن:
$$v_2 + v_3 = 2''$$
$$v_1 + v_2 + v_3 = 1''$$

ومعاملة وكتابة هذه المعادلات بهذه الطريقة يجعلها سهلة التعامل جدا عندما تطبق في الحل الميكانيكي باستخدام المعادلات العامة لقاعدة المربعات الصغرى.

## 3 - 11 - 1 المعادلات العامة للتعديل بقاعدة المربعات الصغرى

إن كتابة معادلات الرصد بالشكل العام يكون كما يلي:

$$a_1v_1 + b_1v_2 + c_1v_3 - Q_1 = r_1$$
$$a_2v_1 + b_2v_2 + c_2v_3 - Q_2 = r_2$$
$$a_nv_1 + b_nv_2 + c_nv_3 - Q_n = r_n$$

اي: (الخطأ المتبقي)=(القيمة المرصودة) - (MPV)

ومن قاعدة المربعات الصغرى: (اصغر قيمة) = [rr]

وهكذا فإن مربع $r_1$ يعطي:

$$r_1^2 = a_1^2v_1^2 + 2a_1b_1v_1v_2 + 2a_1c_1v_1v_3 - 2a_1Q_1v_1 + b_1^2v_2^2 + 2b_1c_1v_2v_3 - 2b_1Q_1v_2 + c_1^2v_3^2 - 2c_1Q_1v_3 + Q_1^2$$

والتكرار لـ$r_1$ و ... و $r_n$ سوف يغير معاملات $(a_2 b_2 c_2)$ و... و $(a_n b_n c_n)$ فقط. وهكذا فجمع النتائج ووضع مجموع المربعات بشكلها المعروف ، اي $[r^2]$ كـ $[rr]$ يعطي:

$$[rr] = [aa]v_1^2 + 2[ab]v_1v_2 + 2[ac]v_1v_3 - 2[aQ]v_1 + [bb]v_2^2 + 2[bc]v_2v_3 - 2[bQ]v_2 + [cc]v_3^2 - 2[cQ]v_3 + [QQ]$$

وحيث ان (( $v_3$ و $v_2$ و $v_1$ ) = [rr]) ، وبإجراء التفاضل والمساواة الى الصفر في حالة القيمة الاصغر MINIMUM:

$$\frac{\partial f}{\partial v_1} = 2[aa]v_1 + 2[ab]v_2 + 2[ac]v_3 - 2[aQ] = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_2} = 2[ab]v_1 + 2[bb]v_2 + 2[bc]v_3 - 2[bQ] = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_3} = 2[ac]v_1 + 2[bc]v_2 + 2[cc]v_3 - 2[cQ] = 0$$

وهذه تتحول الى شكل المعادلات الطبيعية العام كمايلي:

$$\left.\begin{array}{l} [aa]v_1 + [ab]v_2 + [ac]v_3 = [aQ] \\ [ab]v_1 + [bb]v_2 + [bc]v_3 = [bQ] \\ [ac]v_1 + [bc]v_2 + [cc]v_3 = [cQ] \end{array}\right\} \quad \ldots\langle 23\text{-}1\rangle$$

لاحظ التماثل للمرة الثانية. فإذا حفظ الطالب الآن هذا التعبير البسيط عن الغيب فإن ذلك سيسهل عليه حل المسائل النموذجية للمربعات الصغرى كثيراً .

### 4 - 11 - 1 استخدام المعادلات العامة

خذ المثال السابق. حيث يتم تكوين معادلات الرصد بالطريقة الاعتيادية وتعاد كتابتها كما يلي:

$$\begin{array}{r} v_1 = 0 \\ v_2 = 0 \\ v_3 = 0 \\ v_1 + v_2 = -3'' \\ v_2 + v_3 = 2'' \\ v_1 + v_2 + v_3 = 1'' \end{array}$$

حيث ان معاملات $v_1$ و $v_2$ و $v_3$ هي a و b و c على التوالي، وهكذا :

$$\left.\begin{array}{r} \bar{a}v_1 = 0 \\ \bar{b}v_2 = 0 \\ \bar{c}v_3 = 0 \\ \bar{a}v_1 + \bar{b}v_2 = -3'' \\ \bar{b}v_2 + \bar{c}v_3 = 2'' \\ \bar{a}v_1 + \bar{b}v_2 + \bar{c}v_3 = 1'' \end{array}\right\} \text{تعابير } Q \quad \begin{array}{l} \ldots\langle A24\text{-}1\rangle \\ \ldots\langle B24\text{-}1\rangle \\ \ldots\langle C24\text{-}1\rangle \\ \ldots\langle D24\text{-}1\rangle \\ \ldots\langle E24\text{-}1\rangle \\ \ldots\langle F24\text{-}1\rangle \end{array}$$

ثم :

$$a = b = c = 1$$

فأصبح الموضوع الآن ببساطة هو موضوع تعويض المعاملات في (المعادلة العامة <23-1>) كما يلي:

(1) المقدار [aa] يعني "مجموع مربعات المعاملات a" ويستخرج من (معادلات الرصد A24-1 و D و F) وهكذا:
$[aa]=(1\times1)+(1\times1)+(1\times1)=3$ (موضحة بنقطة مفردة)

(2) المقدار [ab] يعني "مجموع ضربي المعاملين a و b" ويمكن الحصول عليه من (المعادلتين D24-1 و F) فقط.

فمثلا، إذا كتبت (المعادلة A24-1) بالكامل سيكون المعاملان b و c صفرًا. بينما في (المعادلة B24-1) يكون المعاملان a و c صفرًا. وعليه فمن الضروري إختيار تلك المعادلات التي لا يكون فيها a و b معا صفرًا.

$[ab] = (1\times1) + (1\times1) = 2$

اي عندما تكون النقطة المنفردة والمزدوجة معًا.

(3) كذلك يمكن الحصول على [ac] فقط من (المعادلة F24-1) وهي موضحة بنقطة مفردة وخط معًا: $[ac]=(1\times1)=1$

(4) المقدار [aQ] هو "مجموع ضربي المعاملين a و Q" حيث أن المعاملات Q هي القيم الرقمية المحصورة بين قوسين والتي تسمى عموما بالمقادير "المطلقة".

ويمكن الاثبات بأنه إذا ساوت المقادير المطلقة صفرًا في المعادلات الثلاث الاولى، عندئذ يمكن إهمال هذه المعادلات. وهكذا يمكن الحصول على [aQ] فقط من (المعادلتين D24-1 و F).
$[aQ] = (1\times-3'') + (1\times1'') = -2''$

وهكذا فإن اول سطر من مجموعة المعادلات الطبيعية يكون:

$3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2''$

والذي يمكن كتابته - بسبب تماثل المعادلات - كمايلي:

$$\begin{array}{l} 3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2'' \\ 2v_1 \\ v_1 \end{array}$$

وبنفس الطريقة تماما، وبلمحة بصر يمكن رؤية باقي معاملات المعادلات الطبيعية:

(5) المقدار [bb] من (المعادلات B24-1 و D و E و F) يساوي:
$[bb]=(1\times1)+(1\times1)+(1\times1)+(1\times1)=4$

(6) المقدار [bc] من (المعادلتين E24-1 و F) يساوي:
$[bc]=(1\times1)+(1\times1)=2$

(7) المقدار [bQ] من (المعادلات C24-1 و D و F) يساوي:
$[bQ]=(1\times-3'')+(1\times2'')+(1\times1'')=0$

وتعاد كتابة هذه المعادلات شاقوليا لتعطي:

$$3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2''$$
$$2v_1 + 4v_2 + 2v_3 = 0$$
$$v_1 + 2v_2$$

(8) وأخيرا فإن ([cc ]=3) من <المعادلات C24-1 وE وF> •
كما أن ( "3=[c Q] ) من <المعادلتين E24-1 وF>•

وهكذا تكون المجموعة الكاملة للمعادلات الطبيعية:

$$3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2''$$
$$2v_1 + 4v_2 + 2v_3 = 0$$
$$v_1 + 2v_2 + 3v_3 = 3''$$

وبمقارنة هذه المعادلات يتبين بأنها مطابقة لتلك المعادلات المستخرجة سابقا من التقنية الاساسية. فيجب على الطلبة التمرن على الطريقة الميكانيكية التي تمكنهم من التحول السريع من معادلات الرصد الى المعادلات الطبيعية. وعند كتابة معادلات الرصد ليس هنالك ضرورة لتسمية المعاملات a و b و c وإلخ. لانه من السهل تخيلها.

## 5 – 11 – 1 المعادلات العامة المتضمنة اوزان

لقد أهمل وزن كل قراءة لحد الآن لأجل تسهيل الفهم. مع ذلك فإن اي تعديل بطريقة المربعات الصغرى من دون إدخال الاوزان النسبية للقراءات يكون عقيما تماما. فحتى عندما تكون كافة القراءات بدقة متساوية وبدون ارتباط CORRELATION وبالتالي وزنها وحدة UNITY ، يجب إتباع مبدأ الوزن ايضا.

وبدون ذكر طريقة الاستنتاج يكون تأثير الاوزان ( w ):

$$[wvv] = \left[\frac{vv}{\sigma^2}\right] = \text{MINIMUM (اصغر قيمة)}$$

وهكـــذا :

$$\begin{aligned} [waa]v_1 + [wab]v_2 + [wac]v_3 + \cdots [wan]v_n &= [waQ] \\ [wbb]v_2 + [wbc]v_3 + \cdots [wbn]v_n &= [wbQ] \\ [wcc]v_3 + \cdots [wcn]v_n &= [wcQ] \end{aligned} \quad \Bigg\} \cdots (25-1)$$

فخذ الان المسألة الاصلية المتضمنة الاوزان:

$x = 25°18'30"$ (الوزن4)
$y = 40°20'25"$ (الوزن4)
$z = 30°30'35"$ (الوزن4)
$(x+y) = 65°38'52"$ (الوزن3)
$(y+z) = 70°51'02"$ (الوزن2)
$(x+y+z) = 96°09'31"$ (الوزن1)

لقد فرضت قيم لـ x و y و z وتم تكوين معادلات الرصد بنفس الاسلوب السابق تماما كما مبين في(الفقرة 1-11-2)،وتكتب هذه المعادلات الان بالاوزان كما يلي:

$v_1 = 0$ (الوزن 4) ...(A26-1)
$v_2 = 0$ (الوزن 4) ...(B26-1)
$v_3 = 0$ (الوزن 4) ...(C26-1)
$v_1 + v_2 = -3"$ (الوزن 3) ...(D26-1)
$v_2 + v_3 = 2"$ (الوزن 2) ...(E26-1)
$v_1 + v_2 + v_3 = 1"$ (الوزن 1) ...(F26-1)

من(المعادلة 1-25):

$[waa] = (4×1×1)+(3×1×1)+(1×1×1) = 8$ (من المعادلات (A26-1) و(D) و(F))
$[wab] = (3×1×1)+(1×1×1) = 4$ (من المعادلتين (D26-1) و(F))
$[wac] = (1×1×1) = 1$ (من المعادلة (F26-1))
$[waQ] = (3×1×-3")+(1×1×1") = -8"$ (من المعادلتين (D26-1) و (F) حيث أن(Q=0)في (المعادلة A26-1))

أما ما تبقى من المجموعة فيجب محاولته من قبل الطالب والذي سيعطي:

$$8v_1 + 4v_2 + v_3 = -8"$$
$$4v_1 + 10v_2 + 3v_3 = -4"$$
$$v_1 + 3v_2 + 7v_3 = 5"$$

وقد تم حل هذه المعادلات ووجدت القيم التالية:

$$v_1 = -0.97" \quad v_2 = -0.31" \quad v_3 = +0.98"$$

وتطبق هذه القيم على القيم المفترضة الملائمة بالطرق الاعتيادية .

إن الطريقةالمفضلةفي حل المجاميع الكبيرةمن المعادلات الطبيعية في اعمال المساحة هي طريقة تجزئة كوليسكي CHOLESKI'S DECOMPOSITION ، ولكن ، بما أن الحل بهذه

الطريقة يجب أن يتم من خلال برامج الكومبيوتر المتوفرة فسوف لن يجري هنا التطرق اليها .

## 6 – 11 – 1 . طرق المصفوفة Matrix methods

إن الشكل المتبع للتعبير عن معادلات الرصد بشكل عام لحد الان هو غير تقليدي عن عمد ، وذلك لتسهيل الفهم وتسهيل التعامل معها . وسيجري الان اتباع اسلوب اكثر تقليديا لاجل شرح تطبيق المصفوفات .

معادلات الرصد من (الفقرة 1-11-3) هي:

$$
\begin{array}{l}
a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \cdots + a_{1n}v_n - q_1 = r_1 \\
a_{21}v_1 + a_{22}v_2 + \cdots + a_{2n}v_n - q_2 = r_2 \\
\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \\
a_{m1}v_1 + a_{m2}v_2 + \cdots + a_{mn}v_n - q_m = r_m
\end{array}
$$

إن الترتيب المبين اعلاه بـ m صف و n عمود يختلف عن الشكل الاولي في (الفقرة 1-11-3) في أن المعاملات a و b و c و .. الخ قد استبدلت بـ $a_{mn}$ و Q بـ q ولتتماشى مع رموز المتجهات، وهكذا :

(معاملات معادلات الرصد) = a
(التصحيحات) = v
(المقادير المطلقة) = q
(الاخطاء المتبقية) = r

وبشكل المصفوفة تكتب :

$$r = Av - q \qquad \ldots\langle 27\text{-}1\rangle$$

حيث أن: (متجه العمود بـ m من المقادير المتبقية) = r
(مصفوفة بـ (m×n) من المعاملات) = A
(متجه العمود بـ n من التصحيحات) = v
(متّجه العمود بـ m من المقادير المطلقة) = q

يتم الحصول على الحل بقاعدة المربعات الصغرى بتقليل المقدار التربيعي ( $r^TWr$ ) الى اصغر قيمة، اي أن ( $\partial(r^TWr)=0$ ) حيث أن W هي مصفوفة قطرية موزونة بحجم (m×m) .

$$
\begin{aligned}
r^TWr &= (Av - q)^TW(Av - q) \\
&= (v^TA^T - q^T)W(Av - q) \\
&= v^T(A^TWA)v - v^T(A^TWq) - (q^TWA)v - q^TWq
\end{aligned}
$$

$$\partial(r^TWr)/\partial v = 2(A^TWA)v - (A^TWq) - (q^TWA)^T = 0$$

$$2(A^TWA)v = (A^TWq) + (A^TW^Tq) = 2(A^TWq)$$

وهكذا فالمعادلات الطبيعية هي:

$$(A^TWA)v = A^TWq \qquad \ldots\langle 28\text{-}1\rangle$$

والحل لايجاد v هو :

$$v = (A^TWA)^{-1}A^TWq \qquad \ldots\langle 29\text{-}1\rangle$$

ويسمى المقدار $(A^T WA)^{-1}$ في المعادلة (1-29) مصفوفة "التباين - التباين المشترك (VAR-COVAR) MATRIX" والتي سترد تطبيقاتها في الفقرة (1-13-1).

سيجري الان حل المثال السابق بطرق المصفوفة:
(1) يتم تكوين معادلات الرصد بالطريقة الاعتيادية ، وهي كما في المعادلات (1-26). اي :

$$\begin{aligned}
v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4)\\
v_2 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4)\\
v_3 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4)\\
v_1 + v_3 &= -3'' \quad (\text{الوزن } 3)\\
v_2 + v_3 &= 2'' \quad (\text{الوزن } 2)\\
v_1 + v_2 + v_3 &= 1'' \quad (\text{الوزن } 1)
\end{aligned}$$

(2) ويتم تكوين المصفوفات من معادلات الرصد كما يلي:

$$ {}_6A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad {}_6W_6 = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$q^T = (0 \quad 0 \quad 0 \quad -3'' \quad 2'' \quad 1'')$$

حيث أن A تحتوي على المعاملات $v_1$ و $v_2$ و $v_3$ (كلها وحدة) و q تحتوي على الحدود المطلقة ولا تحتوي على الاوزان.

(3)

$$ {}_3(A^TWA)_3 = \begin{bmatrix} 8 & 4 & 1 \\ 4 & 10 & 3 \\ 1 & 3 & 7 \end{bmatrix} \qquad {}_3(A^TWq)_1 = \begin{bmatrix} -8 \\ -4 \\ 5 \end{bmatrix} $$

إن التعبير اعلاه هو عبارة عن المعادلات الطبيعية كما هو مذكور في الفقرة (1-11-5).

$$ {}_3(A^TWA)_3^{-1} = \begin{bmatrix} 0.16 & -0.06 & 0.01 \\ -0.06 & 0.14 & -0.05 \\ 0.01 & -0.05 & 0.16 \end{bmatrix} $$

$$v = (A^T WA)^{-1} A^T Wq$$

إذن : $v^T = (-0.07 \quad -0.31 \quad 0.98)$

اي أن: $v_1 = -0.97''$ , $v_2 = -0.31''$ , $v_3 = +0.98''$

والاجوبة بالطبع هي مطابقة لتلك التي يتم الحصول عليها بالطرق التقليدية .

## 1 – 11 – 7 طريقة المعادلات الشرطية ( الطريقة المباشرة )

يتم تكوين المعادلات الشرطية في هذه الطريقة بموجب شروط التعديل التي يجب الايفاء بها . ولاجل تقليل عدد المعادلات الطبيعية تضرب كل معادلة شرطية بمعامل ضرب مجهول يدعى "معامل الارتباط – CORRELATIVE MULTIPLIER" او "معامل لاكرانج LAGRANGIAN MULTIPLIER" . يتم بعدها تركيب المعادلات الشرطية الناتجة في شرط المربعات الصغرى،وبعد إجراء التفاضل يعبر عنها بدالة خطية لمعامل الارتباط. وبالتعويض في المعادلات الشرطية ينتج طاقما من المعادلات الطبيعية المرتبطة مساويا بالعدد الى عدد الشروط.ثم يتم حل المعادلات لايجاد قيم معاملات الارتباط والتي يمكن ان يعبر عنها بعدئذ بالتصحيحات .

وسوف يجري الان شرح الطريقةبالتفصيل،باستخدام المسالة المحلولة بالطريقة السابقة.وهكذاباعادة كتابةالسؤال:

$$x = 25°18'30''$$
$$y = 40°20'25''$$
$$z = 30°30'35''$$
$$x + y = 65°38'52''$$
$$y + z = 70°51'02''$$
$$x + y + z = 96°09'31''$$

وبتمحيص(الشكل 1-4)تتبين شروط التعديل بوضوح كمايلي:

$$x + y = (x + y)$$
$$y + z = (y + z)$$
$$x + y + z = (x + y + z)$$

مع ذلك فان هذه الشروط هي صحيحة فقط بالنسبة للقيمة الاكثر إحتمالا(MPV)، وهكذا تطبق التصحيحات $v_1$و$v_2$و..و$v_6$ لتعطي :

$$x + v_1 + y + v_2 = (x + y) + v_4$$
$$y + v_2 + z + v_3 = (y + z) + v_5$$
$$x + v_1 + y + v_2 + z + v_3 = (x + y + z) + v_6$$

إن المهم في هذه الطريقة هو إستخدام العدد اللازم من الشروط ، فاستخدام عدد قليل يؤدي الى الاخطاء ، بينما يؤدي إستخدام العددالكبيرمن الشروط الىحسابات كبيرة. فالقاعدة لاقرار العدد اللازم من الشروط هي : " عدد الكميات المقاسة مباشرة ناقصا عدد المجاهيل المستقلة يساوي عدد الشروط المطلوبة ".

ففي الحالة المذكورة سابقا يكون :

عدد الكميات المقاسة مباشرة يساوي 6

عدد المجاهيل المستقلة يساوي 3 ،اي $x$ و $y$ و $z$ .

وهكذا يجب إستخدام كافة الشروط اعلاه.

عند إستخدام طريقة معاملات الارتباطCORRELATIVESيجب ملاحظة النقاط.التالية :

(I )تطبق التصحيحات على كافة الكميات الداخلة.

(II)وتطبق هذه التصحيحات علىالكميات المقاسة مباشرة،

قد يرب قيم مفترضة.

وبالتعويض في شروط التعديل يكون لدينا :

$$x + v_1 + y + v_2 = (x + y) + v_4$$
MPV MPV MPV

إذن : $\therefore\ 25° 18' 30'' + v_1 + 40° 20' 25'' + v_2 = 65° 38' 52'' + v_4$

معطية :

$v_1 + v_2 - v_4 + 3'' = 0$ ...(30-1)

وبنفس الطريقة للشرطين الباقيين:

$40° 20' 25'' + v_2 + 30° 30' 35'' + v_3 = 70° 51' 02'' + v_5$

$\therefore\ v_2 + v_3 - v_5 - 2'' = 0$ ...(31-1)

ثم : $25° 18' 30'' + v_1 + 40° 20' 25'' + v_2 + 30° 30' 35'' + v_3 = 96° 09' 31'' + v_6$

$\therefore\ v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' = 0$ ...(32-1)

فكل معادلة شرطية تضرب الان بمعامل الارتباط k :

$$k_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') = 0$$
$$k_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') = 0$$
$$k_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = 0$$

ولتسهيل الحل، تضرب كل من معادلات الارتباط CORRELATIVE EQUATIONS اعلاه ب(2-) ومن ثم تركب في قاعدة المربعات الصغرى لتعطي الدالة التالية :

$$v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_6^2 - 2k_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') - 2k_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') - 2k_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = \text{a minimum}$$

وبإجراء التفاضل نسبة الى كل متغير على التوالي ثم بمساواتها الى الصفر ، يكون لدينا :

$2v_1 - 2k_1 - 2k_3 = 0 \qquad \therefore\ v_1 = k_1 + k_3$

$2v_2 - 2k_1 - 2k_2 - 2k_3 = 0 \qquad \therefore\ v_2 = k_1 + k_2 + k_3$

$2v_3 - 2k_2 - 2k_3 = 0 \qquad \therefore\ v_3 = k_2 + k_3$

$2v_4 + 2k_1 = 0 \qquad \therefore\ v_4 = -k_1$

$2v_5 + 2k_2 = 0 \qquad \therefore\ v_5 = -k_2$

$2v_6 + 2k_3 = 0 \qquad \therefore\ v_6 = -k_3$

ويعاد الآن تعويض دالات الارتباط CORRELATIVE FUNCTIONS في المعادلات الشرطية، فبالتعويض في: $v_1 + v_2 - v_4 + 3'' = 0$

يعطي: $(k_1 + k_3) + (k_1 + k_2 + k_3) - (-k_1) + 3'' = 0$

إذن: $\therefore\ 3k_1 + k_2 + 2k_3 + 3'' = 0$

وبنفس الطريقة: $v_2 + v_3 - v_5 - 2'' = 0$

إذن: $\therefore\ (k_1 + k_2 + k_3) + (k_2 + k_3) - (-k_2) - 2'' = 0$

إذن: $\therefore\ k_1 + 3k_2 + 2k_3 - 2'' = 0$

كذلك: $v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' = 0$

إذن : $\therefore\ (k_1 + k_3) + (k_1 + k_2 + k_3) + (k_2 + k_3) - (-k_3) - 1'' = 0$

$\therefore\ 2k_1 + 2k_2 + 4k_3 - 1'' = 0$

وبتجميع المعادلات الطبيعية المرتبطة معا :

$$
\left.\begin{aligned}
3k_1 + k_2 + 2k_3 + 3'' &= 0 \\
k_1 + 3k_2 + 2k_3 - 2'' &= 0 \\
2k_1 + 2k_2 + 4k_3 - 1'' &= 0
\end{aligned}\right\}
$$

(لاحظ التماثل)

بالحل ينتج : ($k_1=-1.75''$) و ($k_2=0.75''$) و ($k_3=0.75''$) ، وتعوض هذه القيم الان في الدالات اعلاه للحصول على التصحيحات :

$$
\begin{aligned}
v_1 &= k_1 + k_3 = -1'' & v_4 &= -k_1 = +1.75'' \\
v_2 &= k_1 + k_2 + k_3 = -0.25'' & v_5 &= -k_2 = -0.75'' \\
v_3 &= k_2 + k_3 = +1.50'' & v_6 &= -k_3 = -0.75''
\end{aligned}
$$

وتطبق هذه التصحيحات الان على القيم المرصودة ذات العلاقة لتعطي القيم الاكثر إحتمالا (MPV) :

$$
\begin{aligned}
x &= 25^\circ\,18'\,30'' + v_1 = 25^\circ\,18'\,29'' \\
y &= 40^\circ\,20'\,25'' + v_2 = 40^\circ\,20'\,24.75'' \\
z &= 30^\circ\,30'\,35'' + v_3 = 30^\circ\,30'\,36.50'' \\
(x+y) &= 65^\circ\,38'\,52'' + v_4 = 65^\circ\,38'\,53.75'' \\
(y+z) &= 70^\circ\,51'\,02'' + v_5 = 70^\circ\,51'\,1.25'' \\
(x+y+z) &= 96^\circ\,09'\,31'' + v_6 = 96^\circ\,09'\,30.25''
\end{aligned}
$$

ويمكن الان تقريب ال(MPV) الى اقرب ثانية تمشياً مع دقة المعلومات الحقلية.

لاحظ بأن :(I) القيم الاكثر إحتمالا لـ x و y و z هي مطابقة لتلك القيم المستخرجة من طريقة معادلة الرصد (II) القيم الاكثر إحتمالا المدرجة اعلاه تفي بكافة شروط التعديل المطلوبة (III) في هذه المسألة بالذات ، لا توجد فائدة كبيرة من إستخدام المعادلات الشرطية بدلا من معادلات الرصد (IV) إن التسلسل الذي كتبت فيه المعادلات الشرطية غير مهم. ثم (V) على الطلبة الان دراسة كلا الطريقتين وملاحظة الفرق بينهما في الحل.

## 1 - 11 - 8 الشكل العام لمعاملات الارتباط

تكتب المعادلات الشرطية بشكلها العام كالتالي:

$$
\begin{aligned}
a_1v_1 + a_2v_2 \cdots + a_nv_n + q_1 &= 0 \\
b_1v_1 + b_2v_2 \cdots + b_nv_n + q_2 &= 0 \\
c_1v_1 + c_2v_2 \cdots + c_nv_n + q_3 &= 0
\end{aligned}
$$

ثم تضرب كل من هذه المعادلات بمعامل مجهول ، ويمكن أن تكتب بالشكل التالي:

$$
\begin{aligned}
k_1(a_1v_1 + a_2v_2 + \cdots + a_nv_n + q_1) + k_2(b_1v_1 + b_2v_2 + \cdots + b_nv_n + q_2) \\
+ k_3(c_1v_1 + c_2v_2 + \cdots + c_nv_n + q_3) = 0
\end{aligned}
$$

وبموجب قاعدة المربعات الصغرى فإن [$v^Tv$] تساوي اصغر قيمة، مع هذا ، فالاصغر قيمة هي ايضا بدلالة المعادلات الشرطية. وهكذا، لما كان الضرب بالمعامل (2-) لايؤثر على الاصغر قيمة ويسهل الحل ،يمكن كتابة الدالة الكلية F كما يلي :

$$F = v_1^2 + v_2^2 + \cdots + v_n^2 - 2k_1(a_1v_1 + a_2v_2 + \cdots + a_nv_n + q_1)$$
$$-2k_2(b_1v_1 + b_2v_2 + \cdots + b_nv_n + q_2)$$
$$-2k_3(c_1v_1 + c_2v_2 + \cdots + c_nv_n + q_3)$$
=MIN(اصغر قيمة)

وبإجراء التفاضل نسبة الى كل متغير على التوالي ثم المساواة الى الصفر تعطي:

$$\frac{\partial F}{\partial v_1} = 2v_1 - 2k_1a_1 - 2k_2b_1 - 2k_3c_1 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial v_2} = 2v_2 - 2k_1a_2 - 2k_2b_2 - 2k_3c_2 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial v_n} = 2v_n - 2k_1a_n - 2k_2b_n - 2k_3c_n = 0$$

والتي ينتج منها :

$$v_1 = k_1a_1 + k_2b_1 + k_3c_1$$
$$v_2 = k_1a_2 + k_2b_2 + k_3c_2$$
$$v_n = k_1a_n + k_2b_n + k_3c_n$$

وبتعويض هذه القيم في المعادلات الشرطية الاصلية ووضع K محل k (لمجرد التأكيد على شكل المعادلة) يعطي الشكل العام للمعادلات الطبيعية المترابطة كما يلي :

$$\left.\begin{aligned} K_1[aa] + K_2[ab] + K_3[ac] + q_1 &= 0 \\ K_1[ab] + K_2[bb] + K_3[bc] + q_2 &= 0 \\ K_1[ac] + K_2[bc] + K_3[cc] + q_3 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad \cdots \langle 33\text{-}1 \rangle$$

من المهم ملاحظة تماثل المعادلات، ويمكن للطالب أن يرى بأن هذه المعادلات هي مطابقة تماما للمعادلات السابقة المستخرجة من طريقة معادلة الرصد بإحلال التصحيح $v$ محل معامل الارتباط K .

مرة أخرى، يمكن إستخدام هذه المعادلات ميكانيكيا للحصول على المعادلات الطبيعية من المعادلات الشرطية مباشرة . ويتم الحصول على المعادلات الشرطية كما بينا ، وهي كما يلي :

$$v_1 + v_2 - v_4 + 3'' = 0$$
$$v_2 + v_3 - v_5 - 2'' = 0$$
$$v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' = 0$$

فإذا ضرب الطالب كل معادلة بالمعامل K فإنها ستظهر كما يلي:

$$K_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') = 0 \quad \cdots \langle A34\text{-}1 \rangle$$
$$K_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') = 0 \quad \cdots \langle B34\text{-}1 \rangle$$
$$K_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = 0 \quad \cdots \langle C34\text{-}1 \rangle$$

من الاستنتاج الاولي (انظر اعلاه) يمكن رؤية أن كافة معاملات المعادلة <A34-1> هي a ومعاملات المعادلة <B34-1> هي b ومعاملات المعادلة <C34-1> هي c ، وعليه ستعاد كتابة المعادلات لتبسيط شرح الطريقة فقط :

$$K_1(a_1v_1 + a_2v_2 - a_4v_4 + 3'') = 0 \quad \cdots \langle A35\text{-}1 \rangle$$
$$K_2(b_2v_2 + b_3v_3 - b_5v_5 - 2'') = 0 \quad \cdots \langle B35\text{-}1 \rangle$$
$$K_3(c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 - c_6v_6 - 1'') = 0 \quad \cdots \langle C35\text{-}1 \rangle$$

حيث في هذه الحالة : $a = b = c = 1$
وبأخذ حدود المعادلة العامة واحدا تلو الآخر :

$K_1[aa] = K_1\{(1 \times 1) + (1 \times 1) + (-1 \times -1)\} = 3K_1$

الناتجة من(المعادلة A35-1) فقط ، اي مجموع مربعات المعاملات .

ايضا : $K_2[ab] = K_2\{(1 \times 1)\} = 1K_2$

الناتجة من(المعادلتين1- A35 وB35-1)بمجرد ضرب معاملات الحدود "المتشابهة" والتي في هذه الحالة هي ( $a_2 \times b_2$ ) .

ايضا : $K_3[ac] = K_3\{(1 \times 1) + (1 \times 1)\} = 2K_3$

هي ناتجة من(المعادلتين A35-1 وC) اي $a_1 \times c_1 + a_2 \times c_2$ .
ولما كانت المعادلات متماثلة فإن بإمكان الطالب كتابة أول صف وأول عمود على التو :

$3K_1 + K_2 + 2K_3 + 3'' = 0$
$K_1$
$2K_1$

وعلى الطالب الان إكمال الطاقم بنفسه بموجب "الشكل العام" بواسطة التصحيح البصري ، وبدون الحاجة الى كتابتها بالتفصيل المبين اعلاه . ويجب أن يكون الطاقم الكامل طبعا :

$$3K_1 + K_2 + 2K_3 + 3'' = 0$$
$$K_1 + 3K_2 + 2K_3 - 2'' = 0$$
$$2K_1 + 2K_2 + 4K_3 - 1'' = 0$$

ويمكن إستخدام المعادلات الشرطية الان لتعطي العلاقة بين $v$ و$K$ .
بالرجوع الى(المعادلة 34-1)يتبين بأن$v_1$ ترتبط بـ$K_1$ في (المعادلة A34-1)وبـ$K_3$ في(المعادلة C34-1). وعليه فإن:

$v_1 = K_1 + K_3$

وبنفس الطريقة تظهر $v_2$ في المعادلات الثلاث بأجمعها ، عليه :

$v_2 = K_1 + K_2 + K_3$

و$v_3$ تظهر في (المعادلتين B34-1 وC34-1) ، وهي بذلك ترتبط بـ( $K_2 + K_3$ ) ... وهكذا .
وعلى الطالب إكمال الباقي ومقارنة نتائجه بتلك التي سبق وأن وجدت في (الفقرة 1-11-7).

## 1 - 11 - 9 المعادلات العامة المتضمنة اوزان

$$\left.\begin{aligned} K_1\left[\frac{aa}{w}\right] + K_2\left[\frac{ab}{w}\right] + K_3\left[\frac{ac}{w}\right] + q_1 = 0 \\ K_2\left[\frac{bb}{w}\right] + K_3\left[\frac{bc}{w}\right] + q_2 = 0 \\ K_3\left[\frac{cc}{w}\right] + q_3 = 0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\langle 36-1\rangle$$

لاحظ بأن مقلوبات الاوزان في هذه الحالة هي المستخدمة هنا ، مع ذلك ، لما كانت الاوزان موشرًا لدرجة الضبط النسبي RELATIVE ACCURACY فإنها يمكن أن تضرب بثابت مناسب C لتعطي معادلات مشابهة للمعادلات المشار اليها سابقا ويمكن التعامل معها بصورة اسهل.وهكذا،لما كانت ((1/w)×C=W) فيمكن كتابة المعادلة:

$$K_1[Waa] + K_2[Wab] + K_3[Wac] + q_1 = 0$$

.

.

.

والخ

ولتوضيح الحالة، خذ ثلاث كميات x و y و z بأوزان مختلفة كالتي مبينة في(الجدول 1-2).

جدول 1-2

| الكمية | w | 1/w | C | W = (1/w) × C |
|---|---|---|---|---|
| x | 1 | 1 | 4 | 4 |
| y | 2 | $\frac{1}{2}$ | 4 | 2 |
| z | 4 | $\frac{1}{4}$ | 4 | 1 |

سوف يتم الان إعادة كتابة مثال الاوزان السابق وسيجرى حله بإستخدام معاملات الارتباط :

x =25°18′30″ (الوزن هو4)
y =40°20′25″ (الوزن هو4)
z =30°30′35″ (الوزن هو4)
(x+y)=65°38′52″ (الوزن هو3)
(y+z)=70°51′02″ (الوزن هو2)
(x+y+z)=96°09′31″ (الوزن هو1)

وحيث أن نسب مقلوبات الاوزان هي التي ستستخدم ، فإن ثابت الضربC في هذه الحالة سيكون هو العامل المشترك 12 . مع ذلك ، فبإهمال الاوزان في هذه المرحلة يتم الحصول على المعادلات الشرطية كالسابق :

$$K_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') = 0$$
$$K_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') = 0$$
$$K_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = 0$$

وحيث أن إحتواء الاوزان يمكن أن يسبب الارباك في بعض الاحيان ، فإنه يجب إتباع الاسلوب المبين في (الجدول 1-3).

| $v$ | $W = (1/w) \times C$ | a | b | c | Waa | Wab | Wac | Wbb | Wbc | Wcc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_1$ | $3 = \frac{1}{4} \times 12$ | 1 | | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| $v_2$ | $3 = \frac{1}{4} \times 12$ | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| $v_3$ | $3 = \frac{1}{4} \times 12$ | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| $v_4$ | $4 = \frac{1}{3} \times 12$ | −1 | | | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $v_5$ | $6 = \frac{1}{2} \times 12$ | | −1 | | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| $v_6$ | $12 = 1 \times 12$ | | | −1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 |
| | | | | [ ] = | 10 | 3 | 6 | 12 | 6 | 21 |

جدول 1-3

المعادلات الطبيعية:

$$10K_1 + 3K_2 + 6K_3 + 36'' = 0$$
$$12K_2 + 6K_3 - 24'' = 0$$
$$21K_3 - 12'' = 0$$

لاحظ جيدا: تضرب الحدود المطلقة ب(C=12) لموازنة المعادلة

بالحل ينتج: $(K_3 = 1.29)$ و $(K_2 = 2.65)$ و $(K_1 = -5.17)$
والان نستخرج العلاقة بين الاخطاء المتبقية و معاملات الارتباط بنفس الطريقة المذكورة في(الفقرة 1-11-7)ومن ثم نضرب ب(1/w) وكما يلي:

$$v_1 = \frac{1}{w_1}(K_1 + K_3) \qquad = \tfrac{1}{4}(-5.17 + 1.29) \qquad = -0.97''$$

$$v_2 = \frac{1}{w_2}(K_1 + K_2 + K_3) = \tfrac{1}{4}(-5.17 + 2.65 + 1.29) = -0.31''$$

$$v_3 = \frac{1}{w_3}(K_2 + K_3) \qquad = \tfrac{1}{4}(2.65 + 1.29) \qquad = 0.99''$$

$$v_4 = \frac{1}{w_4}(-K_1) \qquad = \tfrac{1}{3}(+5.17) \qquad = 1.72''$$

$$v_5 = \frac{1}{w_5}(-K_2) \qquad = \tfrac{1}{2}(-2.65) \qquad = -1.33''$$

$$v_6 = \frac{1}{w_6}(-K_3) \qquad = (-1.29) \qquad = -1.29''$$

وتطبق هذه التصحيحات الان على القيم المرصودة ، اي:
$(x+v_1)$ و $(y+v_2)$ و $(z+v_3)$ و $((x+y)+v_4)$ و $((y+z)+v_5)$ و $((x+y+z)+v_6)$
للحصول على القيم الاكثر إحتمالا (MPV). وستفي هذه القيم بشرط المربعات الصغرى و بشروط التعديل.

الطريقة

(1) المعلومات المدخلة في اول عمودين توضح نفسها.
(2) ادخل معاملات "صفوف" المعادلات الشرطية في "الاعمدة" المناسبة.
(3) اكمل بقية الاعمدة حسبما تشير عناوينها ، اي:

$Waa = 3 \times 1 \times 1 = 3 \qquad Wab = 3 \times 1 \times 0 = 0$
$Wac = 3 \times 1 \times 1 = 3 \qquad$ etc.

(4) اكمل طاقم المعادلات الطبيعية اعلاه حسب تماثلها ، اي الصف 1 في العمود 1 ... والخ.
(5) نستخرج العلاقة بين v و K من المعادلات الشرطية بنفس الطريقة المبينة في(الفقرة 1-11-7)تماما ثم نضرب بـ(1/w).
وسوف يتم شرح تطبيق هذه التقنيات بتفصيل اكثر على تعديل المحطة ودوائر التسوية LEVELLING CIRCUITS وتعديل ارقام الشبكة، وذلك في القسم الخامس بالامثلة المحلولة إبتداء من صحيفة 59 .

### 1 - 11 - 10 طرق المصفوفة ( المباشرة )

إن إعادة كتابة المعادلات الشرطية(للفقرة 1-11-8)بشكل مألوف اكثر يعطي :

$$a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \cdots + a_{1n}v_n = q_1$$
$$a_{21}v_1 + a_{22}v_2 + \cdots + a_{2n}v_n = q_2$$
$$a_{m1}v_1 + a_{m2}v_2 + \cdots + a_{mn}v_n = q_m$$

والتي بصيغ المصفوفة هي:

$$Av = q \quad \cdots(1\text{-}37)$$

فايجاد المصفوفة الموزونة W ومتجه معاملات الارتباط $k$ ، وبجعل المقدار التربيعي ($v^TWv$)بأصغر قيمة له يعطي:

$$v = W^{-1}A^Tk \quad \cdots(1\text{-}38)$$

والتي إذا ما عوضت في(المعادلة 1-37)تعطي المعادلات الطبيعية:

$$(AW^{-1}A^T)k = q \quad \cdots(1\text{-}39)$$

وهكذا يتم حل المعادلات الطبيعية لايجادقيمة K التي يعاد تعويضها في(المعادلة 1-38)لتعطي v. وبشكل آخر، يمكن تركيب الخطوتين بإستخدام:

$$v = W^{-1}A^T(AW^{-1}A^T)^{-1}q \quad \cdots(1\text{-}40)$$

وبإستخدام المصفوفات يصبح المثال السابق كالتالي:

(1) إن معاملات المعادلة الشرطية والحدود المطلقة، كما في(الفقرة 1-11-9)، هي :

$$
\begin{array}{cccccc} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 \end{array}
$$
$$
{}_3A_6 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad {}_3q_1 = \begin{bmatrix} -3'' \\ 2'' \\ 1'' \end{bmatrix}
$$

(2) الاوزان هي :

$$
{}_6W_6 = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

(3) والآن تعامل المصفوفات كما في(المعادلة 1-39):

$$
{}_6W_6^{-1} = \begin{bmatrix} 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.33 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

$$
(AW^{-1}A^T) = \begin{bmatrix} 0.83 & 0.25 & 0.50 \\ 0.25 & 1.00 & 0.50 \\ 0.50 & 0.50 & 1.75 \end{bmatrix}
$$

$$(AW^{-1}A^T)^{-1}q = \begin{bmatrix} 1.48 & -0.19 & -0.37 \\ -0.19 & 1.19 & -0.29 \\ -0.37 & -0.29 & 0.76 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3'' \\ 2'' \\ 1'' \end{bmatrix} = k$$

إذن : $\therefore\ k^T = [-5.19 \quad 2.66 \quad 1.29] = k_1 \quad k_2 \quad k_3$

والان :

$$v = W^{-1}A^T k$$

إذن : $\therefore\ v^T = [-0.98'' \quad -0.31'' \quad 0.99'' \quad 1.71'' \quad -1.33'' \quad -1.29'']$

وتطبق الآن قيم $v_1$ و $v_2$ و ... و $v_6$ اعلاه على القيم المرصودة كما مبين سابقا .

## 12 – 1 تغيير الاحداثيات

في الواقع ، تعتبر طريقة "تغيير الاحداثيات" للتعديل- والتي هي اساسا طريقة المربعات الصغرى بإستخدام معادلات الرصد - بأنها الطريقة القياسية في تعديل الشبكات ، ويعزى ذلك الى :

(A) إنها لا تعتمد على تكوين شروط التعديل والذي يمكن ان يكون صعبا ، إن لم يكن مستحيلا ، في الشبكات المعقدة التي تحتوي على عدد كبير من الكميات الفائضة REDUNDA-CIES .

(B) يمكن تطبيق التقنية على كافة انواع الشبكات ، اي اي شبكات التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION وشبكات التثليث بقياس الاضلاع TRILATERATION وشبكات التثليث بقياس الزوايا والاضلاع TRIANGULATERATION وشبكات التضليع TRAVERSING ، وبذلك يمكن إستخدام برنامج كمبيوتر واحد .

(C) إن التقنية توفر تحليلا متكاملا لقوة الشبكة "المعدلة" النهائية .

إن هذه الطريقة هي عملية تكرارية ، يتم فيها إحتساب التصحيحات الضرورية للاحداثيات ($\delta E, \delta N$) لتطبيقها على طاقم من الاحداثيات الوقتية لاجل تصحيح الشكل الهندسي لكامل الشبكة .

### 1 – 12 – 1 معادلات الرصد

تتطلب الطريقة اعلاه تكوين معادلة رصد لكل متوسط قراءة داخلة في الشبكة . وتأخذ هذه المعادلات الشكل التالي :

(1)معادلات الطول LENGTH EQUATIONS

خذ الطول( زأ)في الشبكة بقيمة مرصودة مقدارها ($O_{ij}$)،فمن الاحداثيات الوقتيـــة PROVISIONAL لـ أ وز يمكن الحصول على القيمةالمحتسبة للطول($C_{ij}$)، وحيث أن قيم إحداثيات $i$ و$j$ الوقتيـــة ستعدل بالمقدارين $\delta E$ و$\delta N$ فإن المسافـــة المحتسبة ستتغير بمقدار( $\delta l_{ij}$)، وهـــذه المسافة الاخيـرة المعدلة يجب أن تساوي القيمةالاكثر إحتمالا،اي المسافة المرصودة OBSERVED زائدا تصحيحها ($v$).وهكذا يكون لدينا ايضا :

$$_{ij} + \delta l_{ij} = O_{ij} + v_{ij}$$
$$\delta l_{ij} = (O_{ij} - C_{ij}) + v_{ij} \quad \ldots\langle 41\text{-}1\rangle$$

والان ، وحيث أن :

$$l_{ij}^2 = (E_j - E_i)^2 + (N_j - N_i)^2$$
$$\delta l_{ij} = (E_j - E_i)(\delta E_j - \delta E_i)/l_{ij} + (N_j - N_i)(\delta N_j - \delta N_i)/l_{ij}$$

ولكن ، لما كانت :

$$(E_j - E_i)/l_{ij} = \sin\alpha_{ij}$$

و :

$$(N_j - N_i)/l_{ij} = \cos\alpha_{ij}$$

حيث أن( $\alpha_{ij}$)هي الاتجاه الزاوي للخط( $ij$)،وهكذا يمكن أن تكتب المعادلة <41-1> كالتالي :

$$-\delta E_i \sin\alpha_{ij} - \delta N_i \cos\alpha_{ij} + \delta E_j \sin\alpha_{ij} + \delta N_j \cos\alpha_{ij} - (O - C)_{ij} = v_{ij} \quad \ldots\langle 42\text{-}1\rangle$$

وهذه هي معادلة الرصد للطول( زأ).

(2)معادلة الاتجاه الزاوي

إذا كانت( $\alpha_{ij}$)هي الاتجاه الزاوي للخط( $ij$)، فإبتداء من نفس الجدال الاولي اعلاه يكون لدينا :

$$\delta\alpha_{ij} = (O_a - C_a)_{ij} + v_{aij} \quad \ldots\langle 43\text{-}1\rangle$$

والان ، لما كانت :

$$\tan\alpha_{ij} = (E_j - E_i)/(N_j - N_i)$$
$$\sec^2\alpha_{ij}\,\delta\alpha_{ij} = [(N_j - N_i)(\delta E_j - \delta E_i) - (E_j - E_i)(\delta N_j - \delta N_i)]/(N_j - N_i)^2$$

إذن:

$$\therefore\ \delta\alpha_{ij} = (N_j - N_i)(\delta E_j - \delta E_i)/l_{ij}^2 - (E_j - E_i)(\delta N_j - \delta N_i)/l_{ij}^2$$

ثم بالتعويض في المعادلة<43-1>تتكون لدينا معادلة الرصد للاتجاه الزاوي( $\alpha_{ij}$)للخط( $ij$)وكما يلي:

$$-\delta E_i(\cos\alpha_{ij}/l_{ij}) + \delta N_i(\sin\alpha_{ij}/l_{ij}) + \delta E_j(\cos\alpha_{ij}/l_{ij}) - \delta N_j(\sin\alpha_{ij}/l_{ij}) - (O_a - C_a)_{ij} = v_{aij} \quad \langle 44\text{-}1\rangle$$

(3)معادلة الزاوية

لما كانت الزاوية($\theta$)هي الفرق بين إتجاهين زاويين فإن معادلةالرصد للزاوية($jik$)التي هي باتجاه عقرب الساعة تكون:

$$-\delta E_j(\cos\alpha_{ij}/l_{ij}) + \delta N_j(\sin\alpha_{ij}/l_{ij}) + \delta E_i[(\cos\alpha_{ij}/l_{ij}) - (\cos\alpha_{ik}/l_{ik})] + \delta N_i[(-\sin\alpha_{ij}/l_{ij}) + (\sin\alpha_{ik}/l_{ik})] + \delta E_k(\cos\alpha_{ik}/l_{ik}) - \delta N_k(\sin\alpha_{ik}/l_{ik}) - (O - C)_{jik} = v_{jik} \quad \langle 45\text{-}1\rangle$$

ففي كافة معادلات الرصد اعلاه:

( $l_{ij}$)هو الطول الافقي للخط ( $ij$).

( $\alpha_{ij}$)هو الاتجاه الزاوي للخط ( $ij$).

( $\delta E_i$) و ( $\delta N_i$)هما تصحيحا الاحداثيين( $E_i$)و( $N_i$) للنقطة $i$.

$v_{ij}$ هو تصحيح الخطأ المتبقي RESIDUAL CORRNO للطول $(ij)$.
$v_{\alpha ij}$ هو تصحيح الخطأ المتبقي للاتجاه الزاوي $(\alpha ij)$ للخط $(ij)$.
$v_{jik}$ هو تصحيح الخطأ المتبقي للزاوية الافقية $(jik)$.

ويمكن كتابة معادلات الرصد بشكلها العام كما يلي:

$$
\begin{aligned}
a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n - b_1 &= v_1 \\
a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n - b_2 &= v_2 \\
\vdots \qquad\qquad & \vdots \\
a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n - b_m &= v_m
\end{aligned}
$$

حيث أن: $a$ هو معامل معادلة الرصد.
$x$ هو تصحيح الاحداثيين $(\delta E)$ و $(\delta N)$.
$b$ هو الحد $(O-C)$.
$v$ هو الخطأ المتبقي.

وهكذا بتعبير المصفوفة يكون لدينا: $v = Ax - b$
حيث أن $A$ هي مصفوفة بحجم $(m \times n)$ و $x$ هي متجه عمود ب $n$ من الحدود، ثم أن $v$ و $b$ هما متجهي عمودين ب $m$ من الحدود.
$m$ هو عدد الزوايا المرصودة و/او الاطوال المقاسة.
$n$ هو ضعف عدد النقاط "المطلوب تعديلها".

فكما تمت برهنته في <الفقرة 1-11-6> فإن جعل المقدار التربيعي $(v^T W v)$ بأصغر قيمة يعطي المعادلة الطبيعية:

$$(A^T W A)x = A^T W b$$

ويتم حل هذه المعادلة لايجاد قيمة $x$ كما يلي:

$$x = (A^T W A)^{-1} A^T W b$$

## 1-12-2 الطريقة

إن الاسلوب المتبع في تطبيق طريقة "تغيير الاحداثيات" على تعديل الشبكة هو كما يلي:
(1) اوجد إحداثيات وقتيـــة لكل نقطة تغيير إتجاه NODAL PIONT في الشبكة، ويمكن إنجاز ذلك بقياسها من المخطط او إحتسابها من معلومات المشاهدات الحقلية.
(2) باستخدام الاحداثيات الوقتيـــة هذه، احسب الزوايا او الاتجاهات و/او الاطوال للمقادير المرصودة او المقاسة. فهذه هي القيم C والتي بالتركيب مع ما يناسبها من القيم O المرصودة تعطي المتجه b: $(m(O-C))$ من الحدود.
(3) كون معادلات الرصد لكل قراءة او رصدة.
(4) قدر "اوزانا إبتدائية A PRIORI WEIGHTS" للقراءات باستخدام مقلوبات التباينات وكون مصفوفة قطرية موزونة $W$ بحجم $(m \times m)$.
(5) حل المصفوفات اعلاه للحصول على المتجه $x$ لتصحيحات الاحداثيات $(\delta E, \delta N)$. ويتم تطبيق هذه التصحيحات على الاحداثيات الوقتيـــة كأول محاولة.
(6) وتحل الاحداثيات المصححة لان محل الاحداثيات الوقتية وتعاد العملية بكاملها (مع بقاء الاوزان فقط ثابتة) حتى يصبح المتجه $x$ لتصحيحات الاحداثيات مساويا للصفر تقريبا.

فإذا احتسبت الاحداثيات الوقتية PROVISIONAL من المعلومات المرصودة اصلا، ستكون مقاربة نسبيا الى مواقعها النهائية ، وتكرار واحد قد يكون كافيا (على فرض أن المعلومات المرصودة تكون قد حوت اخطاء عشوائية فقط). أما اكثر من تكرارين فقد يعني إما ان المعلومات الحقلية ضعيفة او أن هنالك اخطاء مدخلة INPUT ERRORS.

## 1 - 12 - 3 الاوزان

تكون معاملات معادلات الرصد بالزوايا القطرية، وهكذا يجب ان تكون كافة الوحدات متوافقة. فحدود (O-C) للزوايا واوزانها يجب ايضا ان تكون بالزوايا القطرية ، منتجة التصحيحات المتبقية (V) RESIDUL CORRECTIONS بوحدات الزوايا القطرية ايضا.

فمثلا إذا كان الخطأ المعياري المقدر لمعدل الزوايا المقاسة ($\theta$) مساويا ($\pm3''$) فإن:

$$W_\theta = 1/S_\theta^2 = 1/3^2 \sec^{-2} = 1/2.115 \times 10^{-10} \text{ rad}^{-2} = 4.727 \times 10^9 \text{ rad}^{-2}$$

وإذا كان الخطأ المعياري للمسافة ($S_l$) مساويا ($\pm3$) ملم مثلا ، فإن :

$$W_l = 1/S_l^2 = 1/0.003^2 \text{ m}^{-2} = 1.111 \times 10^5 \text{ m}^{-2}$$

وبتعبير اخر، يمكن أن تبقى اوزان الزوايا $\rho^2$ (الثانية) شرط ان تتحول معاملات زوايا معادلات الرصد الى ثواني بالضرب بالمقدار $\rho$ حيث ($\rho$ = 180 × 3600 π) ، وهكذا ؛

$$W_\theta = 1/3^2 \sec^{-2} = 1.111 \times 10^{-1} \sec^{-2}$$

وستكون وحدات حدود (O-C) والمتبقيات RESIDUALS في هذه الحالة بثواني من القوس SECONDS OF ARC.

ربما تكون مهمة تقدير وزن القراءة اصعب مهمة في عملية التعديل . ففي الوقت الذي لا يكون تقدير وزن القراءة حرجا جدا للتعديل الذي يأخذ بنظر الاعتبار الاوزان "النسبية" للمعلومات فقط، نجد أن التقدير يكون حرجا جدا عند تحليل القوة.

في الماضي ، كانت قد أجريت محاولات لتقدير الخطأ المعياري للزوايا من خلال قياس الزاوية عددا من المرات واحتساب خطأها المعياري ، وبما أن هذا عملية لا تأخذ بنظر الاعتبار اخطاء التمركز CENTRING ERRORS كما لا تأخذ بنظر الاعتبار ظروف القياس المتغيرة على طول الشبكة، فإنها يجب أن تؤخذ بحذر. وبالنسبة للاطوال ايضا ، يجب ان يكون الاعتماد غالبا على ما ثبته المصنع من درجة ضبط ACCURACY على ذلك الجهاز الالكتروني لقياس المسافة (EDM) المستخدم .

هنالك طريقة أخرى غير طريقة وزن المعلومات المرصودة وهي باستخدام كمية خالية من الوحدات تسمى "وحدة التباين UNIT VARIANCE" (اشكانزي 1970).

## 4 – 12 – 1 طريقة وحدة التباين للوزن

ترتبط الاوزان بالتباين كما يلي:

$$W_i = \sigma_0^2/\sigma_i^2 \quad \text{...(46-1)}$$

وهكذا، ففي الشبكة التي تحوي كميات مختلفة مترابطة فيما بينها تكون($\sigma_0^2$)مساوية وحدةUNITY إذا كانت تقديرات الاخطاء المعيارية للمعلومات صحيحة،اي($W_i=1/\sigma_i^2$). ويمكن إستخدام هذه الحقيقة لتقدير صحة"التقديرات الابتدائية APRIORI ESTIMATES" للاخطاء المعيارية، او لاحتساب "التقديرات النهائيةAPOSTERIORI ESTIMATES" المبنية على تصحيحات الاخطاء المتبقية للمعلومات المرصودة. وتحتسب وحدة التباين (او تباين الرصدة بوزن مقداره وحدة)من المعادلة التالية:

$$\sigma_0^2 = v^T W v/(m - n) \quad \text{...(47-1)}$$

للحصول على قيمة المتجه v يجب تعويض القيم الاخيرة للمتجه $x$ لتعديل الاحداثيات في المعادلة الاخيرة ($v=Ax-b$). مع هذا، فلما كان التكرار الاخير سيعطي قيمة لـ $x$ مقدارها صفر فإن($v=-b$).

وسيدرج الان تطبيق هذه الطريقة في اعمال التثليث بقياس الزوايا والاضلاعTRIANGULATERATION . ومن دون شك فإن عدد الزوايا سيزيد على عدد الاطوال في كذا شبكة، وهذا ما يجعلها اقوى إحصائيا:

(A)قدر الخطأ المعياري$S_\theta$ للزوايا وعدل الشبكة باستخدام الزوايا "فقط"، وسجل قيمة $\sigma_0^2$. فإن إبتعاد صغير عن الوحدة(اي: $0.5<\sigma_0^2<2.0$ مثلا"اشكانزي") يشير الى تقدير غير صحيح لـ $S_\theta$.

(B)والان تستخرج القيمة الصحيحة لـ $S_\theta$ بضربها بالقيمة المحتسبة لـ $\sigma_0$، اي($S_\theta'=S_\theta\times\sigma$). والان إستخدام ($S_\theta'$) سيعطي الان قيمةمقدارها وحدةUNITY لـ($\sigma_0^2$)المحتسبة للمرة الثانية.

(C)والان ادخل الاطوال(الى جانب الزوايا) في الحسابات، باستخدام قيمة مقدرة لـ($S_1$)، وهذا سيؤدي الى تغيير اضافي في قيمة $\sigma_0^2$. ثم تعاد قيمتها الى الوحدة ثانية بتغيير الخطأ المعياري للاطوال فقط، كما في(B)اعلاه.

وهكذا باتباع هذا الاسلوب يتم الحصول على تقديرصحيح إحصائيا للاخطاء المعيارية (ومن ثم الاوزان) للمعلومات المرصودة لهذه الشبكات بالذات. ولهذه الطريقة محدودياتها: فمثلا إذا بدىء بالاطوال بدلا من الزوايا ستنتج قيما مختلفة للاخطاء المعيارية. كذلك إذا كانت هنالك شبكة اخرى ذات شكل يختلف عن الاولى ولكن بنفس عددالزوايا والاطوال وقيست من قبل نفس الراصد باستخدام نفس الجهاز وتحت نفس الظروف فإن الاخطاء المعيارية ستختلف ايضا. وهكذا يجب تحليل كافة مصادر المعلومات اينما كان ذلك ممكنا لاجل دعم طريقة وحدة التباين.

مما يجدر الاشارة اليه هنا ايضا ،هو ان هذه الطريقة لاتعتبر مقبولة لشبكات التضليع وذلك بسبب العدد القليل من درجات الحرية (DF) الموجودة في كذا شبكة. ففي شبكة أساسية مثلا، بدون كميات إضافية WITH NO REDUNDANCIES فإن هنالك ثلاث درجات حرية فقط ، أي (m-n=3).

## 13 - 1 تحليل القوة STRENGTH ANALYSIS

تكون قوة او إعتماد الشبكة بدلالة دقة القياسات التي يعبر عنها من خلال المصفوفة الموزونة (W)، أما شكل الشبكة فيعبر عنه من خلال المصفوفة (A) لمعادلات الرصد.

ولاجل تحليل قوة الشبكة النهائية المعدلة، من الضروري ايجاد ما يسمى بمصفوفة "التباين - التباين المشترك".

### 1 - 13 - 1 مصفوفة التباين ـ التباين المشترك ($\sigma_{xx}$)

تحتوي مصفوفة "التباين - التباين المشترك" على التباينات والتباينات المشتركة لتشريقات EASTINGS و وتشميلات NORTHINGS نقاط تغييرالاتجاه. فالتباينات هي المقادير الواقعة على القطر الرئيس للمصفوفة ، بينما تمثل المقادير الباقيــة فــي المصفوفـة ، التباينات المشتركة .

فالتباين المشترك هو مقيــاس للارتباط ويساوي صفر إذا كانت المتغيرات العشوائية مستقلة تماما. فالمصفوفة إذن هي مصفوفة مربعــة متماثلة بحجم n ونستخرج مـن (المعادلة 1-29) كما يلي:

$$\sigma_{xx} = \sigma_0^2(A^TWA)^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1x_2} & \cdots & \sigma_{x_1x_n} \\ \sigma_{x_2x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \cdots & \sigma_{x_2x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{x_nx_1} & \sigma_{x_nx_2} & \cdots & \sigma_{x_n}^2 \end{bmatrix} \quad \ldots(47-1)$$

فمصفوفة "التباين - التباين المشترك" هي شيء أساسي في تحليل قوة الشبكة المعدلة، وكما هو مبين، فالمصفوفة هي بدلالة اوزان (او دقة) المعلومــات الحقلية وشــكل الشبكة، وكما هو معرف بالمصفوفة A. ولما كان من الضروري إجراء تقدير صحيح للاوزان للحصول على تقدير صحيح لاعتماد الشبكة ، ينتج بأن ($\sigma_0^2$) ستساوي وحدة ، وقد تحذف من المعادلة. وفي حالة شبكة التضليع ، يجب أن تؤخذ ($\sigma_0^2$) كأنها وحدة ، للاسباب الواردة في (الفقرة 1-12-4)، أما إذا استخدمت قيمة مغلوطة لــ($\sigma_0^2$) فإن مصفوفة "التباين - التباين المشترك" ستكون مغلوطة ، وهذا سيؤدي الــى تحليل مغلوط للقوة .

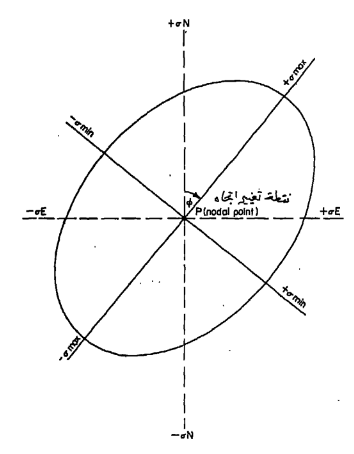
## 1 - 13 - 2 اهليج الخطأ للنقطة المطلقة

إن الجذور التربيعية لمقادير قطر مصفوفة "التباين-التباين المشترك" هي الاخطاء المعيارية لتشريقات وتشميلات نقاط تغيير الاتجاه للشبكة المعدلة. اي $(\pm\sigma_{E_n})$ و $(\pm\sigma_{N_n})$. مع ذلك فيمكن ان يكون لنقطة الضبط CONTROL POINT في السؤال خطأ معياريا اكبر من $\sigma_E$ او $\sigma_N$ وباتجاه آخر $(\emptyset)$. ويشار الى هذا البعد بـ "نصف القطر الاكبر SEMI-MAJOR AXIS لاهليج الخطأ" اي $(\pm\sigma_{max})$ ، وسيكون نصف القطر الاصغر للاهليج اي $(\pm\sigma_{min})$ عموديا عليه.

إن الابعاد المختلفة هي موضحة هندسيا في <الشكل 1-5> وهي مستخرجة من مصفوفة التباين-التباين المشترك VAR - COV كما يلي:

$$\pm\sigma^2_{max} = \tfrac{1}{2}(\sigma^2_{x_1} + \sigma^2_{x_2}) + \{\tfrac{1}{4}(\sigma^2_{x_1} - \sigma^2_{x_2})^2 + \sigma^2_{x_1x_2}\}^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\langle 48\text{-}1\rangle$$

$$\pm\sigma^2_{min} = \tfrac{1}{2}(\sigma^2_{x_1} + \sigma^2_{x_2}) - \{\tfrac{1}{4}(\sigma^2_{x_1} - \sigma^2_{x_2})^2 + \sigma^2_{x_1x_2}\}^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\langle 49\text{-}1\rangle$$




شكل 1-5

حيث ان $\sigma_{max}$ و $\sigma_{min}$ هما في الحقيقة القيمتان النوعيتان EIGNVALUES لمصفوفة التباين-التباين المشترك. اما زاوية اتجاه نصف القطر الاكبر $\emptyset$ فتستخرج من:

$$\tan\phi = \sigma_{x_1x_2}/(\sigma^2_{max} - \sigma^2_{x_1}) \quad \ldots\langle 50\text{-}1\rangle$$

ويمكن الحصول على التحقيق التالي على الحسابات من:

$$\sigma^2_{max}\sigma^2_{min} = \sigma^2_{x_1}\sigma^2_{x_2} - \sigma^2_{x_1x_2} \quad \ldots\langle 51\text{-}1\rangle$$

في الاحصاءات ذات البعد الواحد ، فإن زائد و ناقص إنحراف معياري واحد(σ±)يمثل إحتمالا مقداره(68.3%).مع ذلك،فاحتمال الحالة المشتركةJOINT EVENT ان تقع ضمن اهليج الخطأ هو فقط(39.4%).وادناه فيما نموذجية لذلك:

| P% | 39.4 | 50.0 | 90.0 | 95.0 | 99.0 |
|---|---|---|---|---|---|
| σ | 1.000 | 1.177 | 2.146 | 2.447 | 3.035 |

ويمكن تعريف اهليج الخطأ بأنه"حدود الثقة للنقطة" حيث انه يشير الى الخطأ المعياري في موقع نقطة الضبط المعدلة في الشبكة.كذلك فالاتجاه الزاوي(Ø)لنصف القطر الاكبر هو ايضا معنوي SIGNIFICANT لاغراض تفسيرية.فإذا كان الاتجاه الزاوي عموديا على الاتجاه الى نقطة الاصل الثابتة للشبكة، فهذا يعني ان هنالك خطأ زاوي متغلب، أما إذا كان الاتجاه الزاوي بنفس الاتجاه الى نقطةالاصل الثابتة فالخطأ المتغلب هو خطي LINEAR .

إن التحديد الاساس لاهليج الخطأ هو انه كمية غير ثابتة،فبمجرد تغيير نقطة اصل الشبكة مثلا،ستتغير قيم اهليج الخطأ ، ولو ان التغييرات الناتجة في الشبكات الهندسية الصغيرة نسبيا سوف لن تكون معنوية. مع هذا، ينصح باحتساب الاخطاء المعيارية النهائية للزوايا المعدلة وللاتجاهات الزاويةالمعدلة وللمسافات المعدلة ايضا والتي هي كميات غير متباينة INVARIANT.

### 3 – 13 – 1 الخطأ الزاوي للزاوية المعدلة $(\pm\sigma_\theta)$

يمكن الحصول على هذه الكميةمن معاملات معادلةالرصد للزاوية ومن المقادير الملائمة في مصفوفة التباين - التباين المشترك . فمثلا ، يمكن الاثبات بانه يوجد 6 معاملات في (معادلة الرصد ⟨45-1⟩ للزاوية ( jik ) اي: $(a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{16})$ . ولكل من النقاط الثلاث ز و i و k التي تعين الزاوية تشريقا وتشميلا ، اي 6 قيم يتم تعيينها من المقادير الملائمة في مصفوفة التباين - التباين المشترك ذات الحجم (6 × 6) ، وهكذا:

$$\sigma^2_\theta = [a_{11}\ \ a_{12}\ \ a_{13}\ \ a_{14}\ \ a_{15}\ \ a_{16}] \begin{bmatrix} \sigma^2_{x_1} & \sigma_{x_1x_2} & \cdots & \sigma_{x_1x_6} \\ \sigma_{x_2x_1} & \sigma^2_{x_2} & \cdots & \sigma_{x_2x_6} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{x_6x_1} & \sigma_{x_6x_2} & \cdots & \sigma^2_{x_6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{14} \\ a_{15} \\ a_{16} \end{bmatrix} \quad \ldots\langle 52\text{-}1\rangle$$

## 1 - 13 - 4 الخطأ المعياري للاتجاه الزاوي المعدل ($\pm \sigma_\alpha$)

بطريقة مشابهة لما ورد اعلاه سيكون لمعادلة الرصد الخاصة بالاتجاه الزاوي للخط (زi) اربع معاملات (معادلة 1-44)،ويتم تركيب هذه المعاملات مع المقادير الموافقة لها في مصفوفة التباين-التباين المشترك ذات حجم(4x4):

$$\sigma_\alpha^2 = [a_{11} \quad a_{12} \quad a_{13} \quad a_{14}] \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1x_2} & \cdots & \sigma_{x_1x_4} \\ \sigma_{x_2x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \cdots & \sigma_{x_2x_4} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{x_4x_1} & \sigma_{x_4x_2} & \cdots & \sigma_{x_4}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{14} \end{bmatrix} \qquad \langle 53-1 \rangle$$

## 1 - 13 - 5 الخطأ المعياري للطول المعدل ($\pm \sigma_l$)

لمعادلة الرصد بالنسبة للطول ( زi) اربع معاملات (معادلة1-42) والتكن $a_{21} \ldots a_{24}$ ، والتي ستركب مع نفس معاملات مصفوفة التباين - التباين المشترك ذات الحجم (4 x 4) ، محددة بذلك التشريقات والتشميلات لنفس النقطتين i و ز كما في حالة الاتجاه الزاوي للخط ( زi):

$$\sigma_l^2 = [a_{21} \quad a_{22} \quad a_{23} \quad a_{24}] \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1x_2}^2 & \cdots & \sigma_{x_1x_4} \\ \sigma_{x_2x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \cdots & \sigma_{x_2x_4} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{x_4x_1} & \sigma_{x_4x_2} & \cdots & \sigma_{x_4}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \\ a_{24} \end{bmatrix} \ldots \langle 54-1 \rangle$$

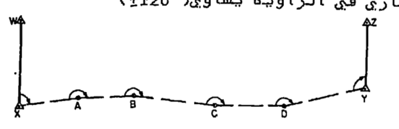
وسوف يجري الان توضيح تطبيق طريقة تغيير الاحداثيات بالكامل من خلال احتساب شبكة تضليع.فقد احتسب المضلع المستخدم الذي يحوي اخطاء معيارية كبيرة بشكل غير طبيعي بواسطة الكومبيوتر . مع ذلك ، فالطريقة تبين الخطوات بشكل واضح وتفيد كنموذج للقراء الذين يرغبون في تطويرها(سكوفيلد 1979).

مثال 1-10 :يوضح(الشكل1-6)مضلع ربط LINK TRAVERSE بين النقاط الثابتة X وY وZ ،حيث كانت معدلات المعلومات الحقلية المستخلصة كما يلي:

| معـــدلات الاطـوال (متر) | | معـــدلات الزوايا الافقيـة | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | درجة | دقيقة | ثانية |
| X A | 999.769 | W X A | 89 | 59 | 13 |
| A B | 1000.318 | X A B | 180 | 01 | 05 |
| B C | 1000.716 | A B C | 180 | 02 | 26 |
| C D | 1000.151 | B C D | 180 | 00 | 31 |
| D Y | 999.372 | C D Y | 179 | 57 | 52 |
| | | D Y Z | 90 | 01 | 24 |

الاحداثيات الثابتة:
$E_w$ 1000.000M. $N_w$ 8000.000M.
$E_x$ 1000.000M. $N_x$ 5000.000M.
$E_Y$ 6000.000M. $N_Y$ 5000.000M.
$E_Z$ 6000.000M. $N_Z$ 8000.000M.

الخطأ المعياري في الطول يساوي(±0.588M.)
الخطأ المعياري في الزاوية يساوي(±120")




شكل 6-1

الطريقـــــــة:

(1)باستخدام ما هو ضروري من المعلومات اعلاه فقد تم احتساب الاحداثيات "الوقتية PROVISIONAL" للنقاط A وB و C وD بالطريقة الاعتيادية:

$E_A$ 1000.769M. $N_A$ 5000.228M.
$E_B$ 3000.087M. $N_B$ 5000.141M.
$E_C$ 4000.803M. $N_C$ 4999.345M.
$E_D$ 5000.953M. $N_D$ 4998.399M.

(2)تم احتساب الاحداثيات اعلاه من X الى D باستخدام الزوايا X وA وB وC والاطوال(XA)و(AB)و(BC)و(CD)،...... وهكذا.وحيث ان الاحداثيات الان تستخدم لاحتساب قيم الزوايا والمسافات(القيمC)فإنها ستكون مطابقة للقيم المرصودة(القيمO) ما عدا في حالة الزاويتينD وY والطول (DY)،وعليه ستكون قيم(O-C)هي المتجه العمود b ذوالحجم (11x1)،اي:

$$b^T=(0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0.001927\ \ 0.323925\ \ 0.001195)$$

معطاة بالتسلسل:زاوية - طول - زاوية - طول - والخ .
(3)باستخدام معادلات الرصد للزوايا والاطوال،يتم تكوين المصفوفةA بمعاملاتها.وحيث يوجد ثمان محطات لكل منها تصحيحين (δE) و (δN) و 11 قيمة مرصودة، فإن المصفوفة

الابتدائية ستكون بحجم(11×16).ولكن لما كانت النقاط W وX وY وZ قد جعلت ثابتة فإن معاملاتها يجب ان تكون صفرا ، وسيكون حجم المصفوفة النهائي (10×8) وكما هو مبين في صحيفة 54 .

(4)باستخدام الاخطاء المعيارية للزوايا والاطوال يتم تعيين الاوزان كما يلي:

وزن الزاوية($W_\theta$)يساوي: $W_\theta = 1/120^2 \sec^{-2} = 2\,954\,526 \text{ rad}^{-2}$

وزن الطول($W_L$)يساوي: $W_L = 1/0.588^2 \text{ m}^2 = 2.892\,313 \text{ m}^{-2}$

وعليه سيكون للمصفوفة المربعة القطرية W ذات الحجم (11×11)القيم اعلاه كمعاملات للقطر الرئيس وبنفس تسلسل المعلومات الحقلية للمصفوفة A ،اي: زاوية-طول-زاوية- ... والخ .

$$W = \begin{bmatrix} 2\,954\,526 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0_{1.11} \\ 0 & 2.892\,313 & 0 & 0 & \cdots & 0_{2.11} \\ 0 & 0 & 2\,954\,526 & 0 & \cdots & 0_{3.11} \\ 0 & 0 & 0 & 2.892\,313 & \cdots & 0_{4,11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0_{11.1} & 0_{11.2} & 0_{11.3} & 0_{11.4} & \cdots & 2\,954\,526 \end{bmatrix}$$

(5)باستخدام($x=(A^T WA)^{-1} A^T Wb$) فإن حل المربعات الصغرى سيعطي المتجه العمود x ذا الحجم(8×1)حاويا اول تصحيحات لاحداثيات النقاط A وB وC وD وحسب التسلسل:($\delta E_A$)و($\delta N_A$) و($\delta E_B$)و($\delta N_B$)و($\delta E_C$)و($\delta N_C$)و($\delta E_D$)و($\delta N_D$).

$$x^T = [-0.065, 0.136, -0.131, 0.401, -0.196, 0.792, -0.261, 1.302]$$

والآن ، باستخدام الاحداثيات المصححة لاول تكرار تعاد العملية بكاملها.فالمتجه الجديد بعدد حدود(O-C)سيعطي هذه المرة قيمًا لجميع المعاملات البالغ عددها 11وستنتج المصفوفة الجديدةA ولكن ستبقى المصفوفةW ثابتة. وقد اعطى التكرار الثاني المتجه x التالي:

$$x^T = [0, 0, 0, 0, 0.001, 0, 0.001, 0]$$

والاحداثيات المعدلة الاخيرة هي:

| النقطة | E | N |
|---|---|---|
| A | 1999.704 | 5000.363 |
| B | 2999.957 | 5000.542 |
| C | 4000.607 | 5000.137 |
| D | 5000.693 | 4999.701 |

(6)وتستخرج المتبقيات الان كما مبين في الفقرة1-12-4، اي($v=-b$)،وتطبق على المعلومات المرصودة لتعطي الزوايا والاطوال المعدلة الاخيرة.

المصفوفة A

| | | | $\delta E_A$ | $\delta N_A$ | $\delta E_B$ | $\delta N_B$ | $\delta E_C$ | $\delta N_C$ | $\delta E_D$ | $\delta N_D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | $\hat{X}$ | A | 0.00000023 | −0.00100023 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| | XA | | 0.99999997 | 0.00022786 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| X | $\hat{A}$ | B | −0.00000014 | 0.00199991 | −0.00000009 | −0.00099968 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| | AB | | −1.00000000 | 0.00008727 | 1.00000000 | −0.00008727 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| A | $\hat{B}$ | C | −0.00000009 | −0.00099968 | 0.00000088 | 0.00199897 | −0.00000079 | −0.00099928 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| | BC | | 0.00000000 | 0.00000000 | −0.99999968 | 0.00079509 | 0.99999968 | −0.00079509 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| B | $\hat{C}$ | D | 0.00000000 | 0.00000000 | −0.00000079 | −0.00099928 | 0.00000174 | 0.00199913 | −0.00000095 | −0.00099985 |
| | CD | | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | −0.99999955 | 0.00094539 | 0.99999955 | −0.00094539 |
| C | $\hat{D}$ | Y | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | −0.00000095 | −0.00099985 | −0.00000066 | −0.00200080 |
| | DY | | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | −0.99999872 | −0.00160220 |
| D | $\hat{Y}$ | Z | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000000 | 0.00000160 | −0.00100095 |

إن العمود الاخير في الجدول التالي هو بالحقيقة "قاعدة رفض REJECTION CRITERIA".

| المحطات | المتبقيات | الزوايا والاطوال النهائية | |
|---|---|---|---|
| W X A | −27.97" | 89°58′45" | 0.233 |
| XA | −0.065M. | 999.704M. | 0.111 |
| X A B | −26.85" | 180°00′38" | 0.224 |
| AB | −0.065M. | 1000.253M. | 0.111 |
| A B C | −25.72" | 180°02′00" | 0.214 |
| BC | −0.065M0 | 1000.651M. | 0.111 |
| B C D | −24.61" | 180°00′06" | 0.205 |
| CD | −0.065M. | 1000.086M. | 0.111 |
| C D Y | −23.49" | 179°57′29" | 0.196 |
| DY | −0.065M. | 999.307M. | 0.111 |
| D Y Z | −22.36" | 90°01′02" | 0.186 |

من المعترف به عموما في مؤلفات علم المساحة انه إذا كانت الكمية المتبقية لرصدة ما اكبر من ثلاث مرات الخطأ المعياري فيجب رفض تلك الرصدة كما يجب ان تعاد، اي ($V>3\sigma$) . وهكذا فمن البديهي ان العمود الاخير يحوي ارقاما خيالية من الابعاد . إن القيم المتبقية التي تساوي ثلاث مرات الخطأ المعياري او اكثر تشير الى ان تلك الرصدة يجب ان ترفض. أما إذا ساوت مرتين بقدر الخطأ المعياري او ما يناهز ذلك فإن الرصدة سيكون مشكوك فيها . ويجب استخدام هذه الارقام كمؤشر للدقة النسبية- RELATIVE PRECISION للمعلومات المرصودة.
وبالاضافة الى ذلك يمكن الحصول على تحقيق مفيد على المعادلات الطبيعية من: $A^T W b = 0$

(7) لتقدير إعتماد المعلومات المعدلة يتم الحصول على مصفوفة التباين - التباين المشترك من آخر تكرار باستخدام: $\sigma_{xx}=(A^T WA)^{-1}$
وبفرض ($\sigma_0^2=1$). فهذا يعطي الان مصفوفة متماثلة بحجم (8×8) كما هو مبين في الصحيفة التالية. فتباينات التشريقات والتشميلات لكل نقطة من A الى D تقع على القطر الرئيس للمصفوفة، والحدود الاخرى تمثل التباينات المشتركة. فمثلا (4.3992) و(5-) ترتبط ($E_A$) بـ ($N_A$) كما هو مبين.

(8) يتم الحصول على الاخطاء المعيارية للاحداثيات من مصفوفة التباين - التباين المشترك ، وتعطى قيم إهليج

The variance–covariance matrix ($\sigma_{xx}$)

مصفوفة التباين - التباين المشترك ( $\sigma_{xx}$ )

| | $E_A$ | $N_A$ | $E_B$ | $N_B$ | $E_C$ | $N_C$ | $E_D$ | $N_D$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $E_A$ | 2.7660 & −1 | 4.3992 & −5 | 2.0745 & −1 | 1.8997 & −6 | 1.3830 & −1 | −1.6787 & −7 | 6.9149 & −2 | 1.2024 & −5 |
| $N_A$ | 4.3992 & −5 | 1.6109 & −1 | 2.4244 & −5 | 1.9332 & −1 | 1.9465 & −5 | 1.4494 & −1 | 6.9614 & −7 | 6.4381 & −2 |
| $E_B$ | 2.0745 & −1 | 2.4244 & −5 | 4.1489 & −1 | 2.7877 & −6 | 2.7660 & −1 | −7.4050 & −7 | 1.3830 & −1 | 2.3948 & −5 |
| $N_B$ | 1.8997 & −6 | 1.9332 & −1 | 2.7877 & −6 | 3.6742 & −1 | 2.4409 & −5 | −3.0932 & −1 | 1.8990 & −6 | 1.4491 & −1 |
| $E_C$ | 1.3830 & −1 | 1.9465 & −5 | 2.7660 & −1 | 2.4409 & −5 | 4.1489 & −1 | −2.3345 & −5 | 2.0745 & −1 | 4.1027 & −5 |
| $N_C$ | −1.6787 & −7 | 1.4494 & −1 | −7.4050 & −7 | 3.0932 & −1 | −2.3345 & −5 | 3.6735 & −1 | 1.3565 & −6 | 1.9324 & −1 |
| $E_D$ | 6.9149 & −2 | 6.9614 & −7 | 1.3830 & −1 | 1.8990 & −6 | 2.0745 & −1 | 1.3565 & −6 | 2.7660 & −1 | 2.2973 & −5 |
| $N_D$ | 1.2024 & −5 | 6.4381 & −2 | 2.3948 & −5 | 1.4491 & −1 | 4.1027 & −5 | 1.9324 & −1 | 2.2973 & −5 | 1.6099 & −1 |

N.B. & −5 signifies $10^{-5}$.

لاحظ بأن ( 5 - & ) تعني $10^{-5}$

الخطأ من(المعادلات 1-48>و<1-49>و<1-50>كما هو مبين.

في هذا المثال بالذات تكون محاورا هاليج الاخطاء مطابقة الى الاخطاء المعيارية للاحداثيات.

| المحطات | الاخطاء المعيارية للاحداثيات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma E$ (mm) | $\sigma N$ (mm) | $\sigma_{max}$ (mm) | $\sigma_{min}$ (mm) | $\phi_{max}$ (deg) |
| A | ±526 | ±401 | ±526 | ±401 | 90 |
| B | ±644 | ±606 | ±644 | ±606 | 90 |
| C | ±644 | ±606 | ±644 | ±606 | 90 |
| D | ±526 | ±401 | ±526 | ±401 | 90 |

(9)وباستخدام الحدود الملائمة الان في المصفوفة A وفي مصفوفة التباين-التباين المشترك في(المعادلتين1-52 و 1-54>، بتم الحصول على الاخطاء المعيارية للزوايا والاطوال المعدلة.

| الاخطاء المعيارية للزوايا (ثواني) | | الاخطاء المعيارية للاطوال(ملم) | |
|---|---|---|---|
| $W\ X\ A$ | ± 82.8 | $X\ A$ | ±525.9 |
| $X\ A\ B$ | ±100.7 | $A\ B$ | ±525.9 |
| $A\ B\ C$ | ±108.6 | $B\ C$ | ±525.9 |
| $B\ C\ D$ | ±108.6 | $C\ D$ | ±525.9 |
| $C\ D\ Y$ | ±100.7 | $D\ Y$ | ±525.9 |
| $D\ Y\ Z$ | ± 82.8 | | |

في الوقت الذي ذكرت فيه الطريقة اعلاه لبيان معادلات الرصد وقيم(O-C)واوزان"الزوايا "بالزوايا القطرية،بذكر القاري بالملاحظة السابقة حول الموضوع،اي انه يمكن ان تبقى قيم(O-C)والاوزان بالثواني شرط ان تحول معاملات زوايا معادلة الرصد الى ثواني . إضافة الى هذا ، إذا فتحنا المعادلات الطبيعية؛

$$A^TWAx = A^TWb$$
$$A^TW^{\frac{1}{2}}W^{\frac{1}{2}}Ax = A^TW^{\frac{1}{2}}W^{\frac{1}{2}}B$$
$$(W^{\frac{1}{2}}A)^T(W^{\frac{1}{2}}A)x = (W^{\frac{1}{2}}A)^T(W^{\frac{1}{2}}b)$$

يتم تكوين المصفوفات بشكل مريح بضرب معاملات كل معادلة رصد بمقلوبات الاخطاء المعيارية "الابتدائية" (1/σ) المقابلة لها. وهكذا إذا كانت الوحدات كما في اعلاه هي الامتار وثواني القوس الستينية ، سينتج خطأ معياريا مقداره (±2) ثانية في معادلة الرصد للزاوية حيث تضرب بـ(1/2=0.5). ونفس الطريقة تتبع عند وجود خطأ معياري بالطول مقداره (±10) ملم حيث تضرب المعادلة بـ (1/0.010=100).

مما يجب التأكيد عليه إذن هو ان تعديل المربعات الصغرى الناتج سيكون عقيما تماما ومن دون معنى في حالة عدم إدخال الوزن .

## 14 – 1 التحليل ما قبل المسح PRE-SURVEY ANALYSIS

بالامكان إجراء تحليل لقوة الشبكة قبل رصدها وذلك من خلال شكل الشبكة ومن الدقة المنوي إجراء القياسات بها. فمثلا ، إذا رسمت المواقع المقترحة لمحطات المسح على مخطط وقيست منه إحداثياتها النسبية ، يمكن عندها إحتساب معاملات معادلات الرصد ومن ثم تكوين المصفوفةA. وبعد معرفة الاجهزة المتوفرةيمكن تقدير دقة المعلومات الحقلية التي سيكون بالامكان الحصول عليها واستخراج المصفوفة الموزونةW. من ثم يمكن الحصول على مصفوفة التباين-التباين المشترك من: $\sigma_{xx} = (A^T WA)^{-1}$
حيث ستكون( $\sigma_0^2$ )مساوية"وحدة"بديهيا في هذه الحالة.

إذا اتضح من تحليل القوة بأن التقديرات الاولية سوف لن تفي بمواصفات الدقة المطلوبة ، فقد يتطلب الامر تغيير شكل الشبكة و/او نوع الاجهزة المنوي استخدامها و/او تقنية الرصد حتى يتم الحصول على المواصفات المطلوبة ، وبهذه الطريقة سيعلم المساح افضل المواقع لمحطات مسحه والاجهزة الضرورية المطلوبة وتقنية الرصد الواجب إتباعها قبل البدء باعمال المساحة.

سيؤدي هذا الاسلوب في العمل الى التصميم الاقتصادي للشبكات لتلبية مواصفات الدقة ومتطلبات الاداء بافضل ما يمكن .

## 15 – 1 اختيار افضل الشبكات NETWORK OPTIMIZATION

باستخدام نفس الاسلوب المتبع في الفقرة1-14 يجب ان يكون نظريا ممكنا الحصول على أفضل المسوحات،اي تقدير اقل عدد ممكن من الزوايا والاضلاع في الشبكة للحصول على مواصفات درجة الضبط المطلوبة. مع ذلك ، فانه يشك إن كان هذا هو مقترح حي عمليا .

مبدئيا ، لايمكن ايجاد شبكات تضليع فضلى،كما لايمكن تحليلها باي درجة من الاعتماد. كذلك لايمكن ايجاد شبكات تثليث بقياس الاضلاع TRILATERATION فضلى ، كما لا يمكن تحليلها . ومن المتعارف عليه في مهنة المساحة بأنه كلما كثر عدد القياسات الاضافية كلما كانت الشبكة اقوى ، ولو ان تقليل عدد الاضلاع في اعمال التثليث بقياس الاضلاع يظهر الشبكة كأنها اقوى . وتصبح الاخطاء المعيارية وأهاليج الاخطاء صغرا عند استخدام اقل عدد من الاطوال . فمثلا ، إذا قيست الثلاثة اضلاع فقط من

المثلث سيتكون المثلث دائما "بدون خطأ ظاهري" ، ولهذا السبب إذن بشك في إمكانية التعامل مع اعمال التثليث بقياس الزوايا والاضلاع بنجاح وعليه فإن عملية إختيار افضل الشبكات للاعمال الهندسية قد لاتكون إجراء عمليا .

## امثلة محلولة

مثال 1-11 : قيست زاوية معينة من قبل راصدين مختلفين باستخدام نفس الجهاز وكما يلي:

| الراصد A ° ′ ″ | الراصد B ° ′ ″ |
|---|---|
| 86 34 10 | 86 34 05 |
| 33 50 | 34 00 |
| 33 40 | 33 55 |
| 34 00 | 33 50 |
| 33 50 | 34 00 |
| 34 10 | 33 55 |
| 34 00 | 34 15 |
| 34 20 | 33 44 |

اوجد:(A)الانحراف المعياري لكل طاقم.
(B)الخطأ المعياري للاوساط الحسابية.
(C)اكثر القيم إحتمالا(MPV)للزاوية.
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

| الراصد A ° ′ ″ | r ″ | $r^2$ ″ | الراصد B ° ′ ″ | r ″ | $r^2$ ″ |
|---|---|---|---|---|---|
| 86 34 10 | 10 | 100 | 86 34 05 | 7 | 49 |
| 33 50 | −10 | 100 | 34 00 | 2 | 4 |
| 33 40 | −20 | 400 | 33 55 | −3 | 9 |
| 34 00 | 0 | 0 | 33 50 | −8 | 64 |
| 33 50 | −10 | 100 | 34 00 | 2 | 4 |
| 34 10 | 10 | 100 | 33 55 | −3 | 9 |
| 34 00 | 0 | 0 | 34 15 | 17 | 289 |
| 34 20 | 20 | 400 | 33 44 | −14 | 196 |
| الوسط = 86 34 00 | 0 | 1200 = $[r^2]$ | 86 33 58 | 0 | 624 = $[r^2]$ |

(A) (I)الانحراف المعياري للراصدA: $([r^2] = \Sigma(x_i - \bar{x})^2)$

$$S_A = \pm\left(\frac{[r^2]}{n-1}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm\left(\frac{1200}{7}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm 13.1''$$

(B) (I)الخطأ المعياري للراصدA:

$$= S_{\bar{x}_A} = \pm\frac{S_A}{n^{\frac{1}{2}}} = \pm\frac{13.1}{8^{\frac{1}{2}}} = \pm 4.6''$$

(A) (II)الانحراف المعياري للراصدB: $S_B = \pm\left(\frac{624''}{7}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm 9.4''$

(B) (II)الخطأ المعياري للراصدB: $S_{\bar{x}_B} = \pm\frac{9.4}{8^{\frac{1}{2}}} = \pm 3.3''$

(C)وحيث ان لكل وسط حسابي دقة مختلفة خاصة به تحددها قيمة $S_{\bar{x}}$ ، فإنها على هذا الاساس يجب ان توزن قبل ان يؤخذ وسطها الحسابي لتعطي القيمة الاكثر إحتمالا للزاوية:

(وزن A) $\propto \frac{1}{S_{\bar{x}_A}^2} = \frac{1}{21.2} = 0.047$

(وزن B) $\propto \frac{1}{10.9} = 0.092$

فنسبة وزن A الى وزن B هي 1 الى 2 .

إذن فالقيمة الاكثر إحتمالا للزاوية:

MPV(للزاوية)=(86° 34′00″+86° 33′58″x 2)/3
= 86° 33′59″

ومن الجدير بالاهتمام ذكر النقطة التالية: يجب رفض اية رصدة يكون خطأوها المتبقي اكبر من(2.3S) -انظر (الفقرة 1-6) . وحيث ان ( $2.3S_A$=30.2″)و($2.3S_B$=21.6″) فانه يجب إدخال كافة القراءات في الطاقم . ومن الطبيعي ، يجب إجراء هذا الاختبار في بداية السؤال .

مثال 1-12 : ناقش تصنيف الاخطاء في اعمال المساحة معطيا امثلة مناسبة على ذلك.

في مشروع اعمال تثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION قيست زوايا المثلث الثلاث وسجلت اوساطها الحسابية: (50° 48′18″)و(64° 20′36″)و(64° 51′00″).وقد اعطى تحليل كل طاقم من القراءات خطأ معياريا مقداره(±4″) لكل من هذه الاوساط الحسابية . وفي موعد لاحق أعيد قياس هذه الزوايا تحت ظروف افضل مما اعطى الاوساط الحسابية:(50° 48′20″) و (64° 20′39″)و(64° 50′58″) ، وكانت الاخطاء المعيارية لكل من هذه الاوساط(±2″). اوجد اكثر القيم إحتمالا للزوايا .  (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل .

تعدل الزوايا الى(180°)اولا. ولما كانت للزوايا داخل كل مثلث اوزانا متساوية فإن التعديل الزاوي داخل كل مثلث هو ايضا متساوي.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 50° 48′ 18″ + 2″ = | 50° 48′ 20″ | 50° 48′ 20″ + 1″ = | 50° 48′ 21″ |
| 64° 20′ 36″ + 2″ = | 64° 20′ 38″ | 64° 20′ 39″ + 1″ = | 64° 20′ 40″ |
| 64° 51′ 00″ + 2″ = | 64° 51′ 02″ | 64° 50′ 58″ + 1″ = | 64° 50′ 59″ |
| 179° 59′ 54″ | 180° 00′ 00″ | 179° 59′ 57″ | 180° 00′ 00″ |

وزن الطاقم الاول: $= w_1 = 1/4^2 = \frac{1}{16}$

وزن الطاقم الثاني: $= w_2 = 1/2^2 = \frac{1}{4}$

وهكذا فإن ($w_1=1$) عندما ($w_2=4$) .

فالقيمة الاكثر إحتمالا إذن:

MPV=[(50°48′20″)+(50°48′21″x4)]/5=50°48′20.8″

وبنفس الطريقة تكون قيمتا الزاويتين الباقيتين الاكثر إحتمالا (″39.6′64°20) و(″59.6′64°50) .ويمكن الان تقريب هذه الزوايا الى اقرب ثانية.

مثال 1-13: يتكون خط قاعدة من عشرة اجزاء ، وقد قيس بواسطة شريط مساحة مستندا على رأسي قياس وقراءت نهايتيه من قبل شخصين مختلفين ، واعطى الفرق بين القراءتين الطول المقاس لذلك الجزء . فكانت قد قيست الاجزاء1و2 و5 ست مرات والاجزاء3 و6 و9 خمس مرات بينما قيست الاجزاء الباقية اربع مرات ، وقد أحتسب الوسط الحسابي في كل حالة . فإذا كانت الاخطاء المعيارية للقراءات المنفردة للراصدين قد عرفت بأنها 1 ملم و1.2 ملم،ماذا سيكون مقدار الخطأ المعياري الذي سببه اخطاء القراءات فقط لكامل الخط ؟ (جامعة لندن)

الحل

الخطأ المعياري في قراءة جزء واحد هو:

$$= S_s = (1^2 + 1.2^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 1.6 \text{ mm}$$

خذ الجزء1 الذي كان قد قيس ست مرات وأخذ الوسط،وهكذا يكون الخطأ المعياري للوسط:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_s}{n^{\frac{1}{2}}} = \frac{1.6}{6^{\frac{1}{2}}} = \pm 0.6 \text{ mm}$$

وهذه القيمة تنطبق على الجزئين2 و5 ايضا .
كذلك ، الخطأ المعياري لوسط الاجزاء3 و6 و9 هو:

$$S_{\bar{x}} = \frac{1.6}{5^{\frac{1}{2}}} = \pm 0.7 \text{ mm}$$

والخطأ المعياري لوسط الاجزاء 4 و7 و8 و10 هو:

$$S_{\bar{x}} = \frac{1.6}{4^{\frac{1}{2}}} = \pm 0.8 \text{ mm}$$

وقد تم الان جمع هذه الاجزاء لتعطي الطول الكلي. وعليه سيكون الخطأ المعياري لكامل الطول:

$$(0.6^2 + 0.6^2 + 0.6^2 + 0.7^2 + 0.7^2 + 0.7^2 + 0.8^2 + 0.8^2 + 0.8^2 + 0.8^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 2.3 \text{ mm}$$

مثال 1-14: (A) كان خط قاعدة قد قيس باستخدام جهاز قياس مسافة الكتروني (EDM) وسجلت المسافة 6835.417 متر كوسط حسابي. وللجهاز المستخدم درجة ضبط مثبتة من قبل المصنع مقدارها (1/400 000) من الطول المقاس (20±) ملم. وكتحقيق، فقد أعيد قياس الخط باستخدام نوع آخر من جهاز ال(EDM) بدرجة ضبط (1/600 000±30MM) وكان الوسط الحسابي الناتج للمسافة 6835.398 متر . اوجد اكثر القيم إحتمالا لطول الخط .

(B) قيست زاوية من قبل ثلاثة اشخاص A و B و C، وادناه مبين الوسط الحسابي لكل طاقم وخطأه المعياري:

| الراصد | متوسط الزاوية ° ′ ″ | S ″ |
|---|---|---|
| A | 89 54 36 | 0.7 |
| B | 89 54 42 | 1.2 |
| C | 89 54 33 | 1.0 |

اوجد اكثر القيم إحتمالا للزاوية.

(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(A) الخطأ المعياري /

الجهاز الاول :

$$S_{\bar{x}_1} = \pm\left\{\left(\frac{6835}{400\,000}\right)^2 + (0.020)^2\right\}^{\frac{1}{2}} = \pm 0.026 \text{ m}$$

الجهاز الثاني:

$$S_{\bar{x}_2} = \pm\left\{\left(\frac{6835}{600\,000}\right)^2 + (0.030)^2\right\}^{\frac{1}{2}} = \pm 0.032 \text{ m}$$

ويمكن ان تستخدم هذه القيم الان لوزن الاطوال وايجاد اوساطها الحسابية الموزونة كما هو مبين ادناه:

| L×W | الوزن(W) | نسبة الوزن S± | الطول(L)متر | |
|---|---|---|---|---|
| 0.626 | 1.5 | $1/0.026^2=1479$ | 0.417 ±0.026 | الجهاز1 |
| 0.398 | 1 | $1/0.032^2=977$ | .398 ±0.032 | الجهاز2 |
| 1.024 =[LW] | [W]=2.5 | | | |

إذن فالقيمة الاكثر إحتمالا:

MPV= 6835+(1.024/2.5)=6835.410MM.

(B)

| الراصد Observer | وسطي الزوايا ° | ′ | ″ | $S_i$ ″ | نسبة الوزن Weight ratio | الوزن Weight, W | L × W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 89 | 54 | 36 | ±0.7 | $1/0.7^2 = 2.04$ | 2.96 | 6″ × 2.96 = 17.8″ |
| B | 89 | 54 | 42 | ±1.2 | $1/1.2^2 = 0.69$ | 1 | 12″ × 1 = 12″ |
| C | 89 | 54 | 33 | ±1.0 | $1/1^2 = 1$ | 1.45 | 3″ × 1.45 = 4.35″ |
| | | | | | [W] = 5.41 | | 34.15 = [LW] |

إذن فالقيمة الأكثر إحتمالا:

MPV=89°54′30″+(34.15″/5.41)=89°54′36″

يلفت نظر الطالب هنا الى طريقة ايجاد الوسط الموزون في كلا هذين المثالين،ولو ان الحاجة قد إنتفت لاستخراج الاوزان منذ ظهور حاسبات الجيب،خاصة في(B).

مثال 15-1 :قيست اضلاع مثلث وايزبا خ WEISBACK TRIANGLE في اعمال ربط مسوحات تحت الارض وكانت كما يلي:

$W_1W_2$=5.435M. $W_1W$=2.844M. $W_2W$=8.274M.

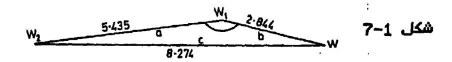
وباستخدام القياسات اعلاه في قانون جيب التمام احتسبت الزاوية($WW_1W_2$): $WW_1W_2$=175°48′24″

فإذا كان الخطأ المعياري لكل من الاضلاع المقاسة يساوي (1/20 000) ، اوجد الخطأ المعياري للزوايا المحتسبة بثواني من القوس. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

من(الشكل 1-7) وبواسطة قانون جيب التمام:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos W_1$$




شكل 1-7

باستخدام (المعادلة 1-15) من (الفقرة 1-10) وباجراء التفاضل نسبة الى كل متغير على التوالي:

$$2c\delta c = 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

وهكذا :

$$\delta W_1 = \pm \frac{c\delta c}{ab \sin W_1}$$

وبنفس الطريقة:

$$a^2 = c^2 - b^2 + 2ab \cos W_1$$
$$2a\delta a = 2b \cos W_1 \delta a - 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

$$\therefore \ \delta W_1 = \frac{2a\delta a - 2b \cos W_1 \delta a}{2ab \sin W_1} = \frac{\delta a(a - b \cos W_1)}{ab \sin W_1}$$

ولكن لما كانت ( $W_1 \approx 180°$ ) و ($\cos W_1 \approx -1$) و ( $(a + b) \approx c$ )

إذن:

$$\therefore \ \delta W_1 = \pm \frac{\delta ac}{ab \sin W_1}$$

والان:

$$b^2 = a^2 - c^2 + 2ab \cos W_1$$

ثم:

$$2b\delta b = 2a \cos W_1 \delta b - 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

$$\therefore \ \delta W_1 = \frac{\delta b(b - a \cos W_1)}{ab \sin W_1} = \pm \frac{\delta bc}{ab \sin W_1}$$

وجعل $\delta W_1$ و $\delta a$ و $\delta b$ و $\delta c$ مساوية الى الانحرافات المعيارية يعطي :

$$\sigma_{w_1} = \pm \frac{c}{ab \sin W_1} (\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

حيث أن:

$$\sigma_a = \frac{5.435}{20\,000} = \pm 2.7 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_b = \frac{2.844}{20\,000} = \pm 1.4 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_c = \frac{8.274}{20\,000} = \pm 4.1 \times 10^{-4}$$

$$\therefore \ \sigma_{w_1} = \pm \frac{8.274 \times 206\,265 \times 10^{-4}}{5.435 \times 2.844 \sin 175° \, 48' \, 24''} (2.7^2 + 1.4^2 + 4.1^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$= \pm 770''$$
$$= \pm 0° \, 12' \, 50''$$

هذه هي معالجة معيارية للاخطاء الصغيرة ولا ينتفع هنا من امثلة إضافية من هذا النوع، وبإمكان الطالب ايجاد امثلة متعددة لتطبيقاتها في الجزء الاول من كتاب "المسح الهندسي" (سكوفيلد- شعان 1986) وخلال ما تبقى من هذا الجزء الثاني .

مثال16-1: من المحطة P قيست الزوايا المقابلة للنقاط Q و R و S و T من قبل الراصدين A و B ، وقد رتبت القراءات كما في ادناه:

| الراصد | الزاوية | ° ′ ″ |
|---|---|---|
| A | QPR | 16 02 51 |
| A | RPS | 40 34 08 |
| A | SPT | 22 11 04 |
| B | QPS | 56 37 01 |
| B | RPT | 62 45 09 |

ولاجل توزيع الاوزان على القراءات فقد اجري إختبار مستقل قاس فيه كل من A وB زاوية معينة عددا كبيرا من المرات وبينت نتيجة الاختبار بأن الخطأ المعياري لـB كان ضعف ذلك لـA. طبق اوزانا مناسبة على القراءات وجد اكثر القيم إحتمالا للزوايا الى اقرب (0.1″).
(جامعة لندن)

الحل

حيث أن الاوزان تتناسب عكسيا مع مربع الخطأ المعياري، فإذا كان لـB وزنا مقداره 1 سيكون لـA وزنا مقداره 4 ، وهكذا:

$QPR=x=16°02'51''$ (الوزن 4)
$RPS=y=40°34'08''$ (الوزن 4)
$SPT=z=22°11'04''$ (الوزن 4)
$QPS=(x+y)=56°37'01''$ (الوزن 1)
$RPT=(y+z)=62°45'09''$ (الوزن 1)

وباستخدام القيم المرصودة اعلاه كقيم مفترضة لـx وy وz يمكن تكوين معادلات الرصد:

$$\underbrace{16°02'51''+v_1}_{\text{القيمة الاكثر إحتمالا}} = \underbrace{16°02'51''}_{\text{القيمة المرصودة}}$$

إذن: $v_1=0$ (الوزن 4)

اي ، بمقارنة القيمة الاكثر إحتمالا بالقيمة المرصودة يكون الفرق بينهما هو الخطأ .

وبنفس الطريقة:
$v_2=0$ (الوزن 4)
$v_3=0$ (الوزن 4)

ولكن: $16°02'51''+v_1+40°34'08''+v_2=56°37'01''$
إذن: $v_1+v_2=2''$ (الوزن 1)

ثم: $40°34'08''+v_2+22°11'04''+v_3=62°45'09''$
$v_2+v_3=-3''$ (الوزن 1)

فبترتيب معادلات الرصد:

$$v_1 = 0 \quad (4 \text{ الوزن})$$
$$v_2 = 0 \quad (4 \text{ الوزن})$$
$$v_3 = 0 \quad (4 \text{ الوزن})$$
$$v_1 + v_2 = 2'' \quad (1 \text{ الوزن})$$
$$v_2 + v_3 = -3'' \quad (1 \text{ الوزن})$$

إن معاملات $v_1$ و $v_2$ و $v_3$ هي $a$ و $b$ و $c$ على التوالي وكلها تساوي 1.

فالتعويض في (المعادلة 1-21) مباشرة يعطي المعادلات الطبيعية:

$$5v_1 + v_2 = 2''$$
$$v_1 + 6v_2 + v_3 = -1''$$
$$v_2 + 5v_3 = -3''$$

ويسهل حل هذه المعادلات بالجبر البسيط لتعطي:

$$v_1 = 0.4'' \qquad v_2 = -0.1'' \qquad v_3 = -0.6''$$

وهكذا تكون القيم الاكثر إحتمالا للزوايا:

QPR =16° 02′51″+0.4″=16° 02′51.4″
RPS =40° 34′08″-0.1″=40° 34′07.9″
SPT =22° 11′04″-0.6″=22° 11′03.4″

مثال 1-17 :كان قد قيس الخط (ABCD) ككل وكأجزاء، وبسبب الاختلافات في درجات الضبط فقد خصصت اوزان للقياسات كما مبين ادناه:

| | الطول المقاس (متر) | الوزن |
|---|---|---|
| AB | 39.231 | 3 |
| BC | 120.716 | 2 |
| CD | 61.256 | 2 |
| AC | 159.935 | 1 |
| AD | 221.218 | 1 |

اوجد ، بطريقة المربعات الصغرى ، اكثر الاطوال إحتمالا للاجزاء (AB)و(BC)و(CD) الى اقرب 0.0001 متر.
(جامعة لندن)

الحل

AB= $x$ = 39.231 (الوزن 3)
BC= $y$ =120.716 (الوزن 2)
CD= $z$ = 61.256 (الوزن 2)
AC=($x$+$y$) =159.935 (الوزن 1)
AD=($x$+$y$+$z$)=221.218 (الوزن 1)

وبأخذ القيم المقاسة لـ $x$ و $y$ و $z$ كقيم مفترضة ، ستكون معادلات الرصد الثلاث الاولى:

$v_1=0$ (الوزن 3) ، $v_2=0$ (الوزن 2) ، $v_3=0$ (الوزن 2)

وبنفس الطريقة:

$v_1+v_2=-12MM.$ (الوزن 1)

$v_1+v_2+v_3=15MM.$ (الوزن 1)

وبالتحميم تكون المعادلات الطبيعية:

$(v_1+v_2+3v_3=15MM.)$ و $(2v_1+4v_2+v_3=3MM.)$ و $(5v_1+2v_2+v_3=3MM.)$

وعند الحل ينتج :

$v_3=0.0052M.$ و $v_2=-0.0004M.$ و $v_1=-0.0003M.$

إذن.فالقيم الاكثر إحتمالا للاطوال:

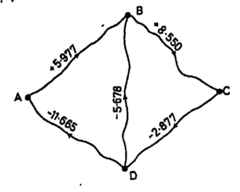
AB= 39.231 -0.0003= 39.2307M.
BC=120.716 -0.0004= 120.7156M.
CD= 61.256 -0.0052= 61.2612M.

لاحظ: كان بالامكان حل(المثالين1-16)و(1-17) بالمعادلات الشرطية بفرق بسيط في الوقت ، فالطريقة الاخيرة توفر تحقيقا على إتمام الشروط المعطاة، لكن الطالب قد يجد تكوين المعادلات الشرطية اكثر صعوبة.ايضا تجدر الاشارة هنا الى ان التصحيحات المذكورة في اغلب هذه الاسئلة قد اعطيت بدرجة ضبط اكبر مما هي في المعلومات الحقلية الاولية ، فالقيم النهائية إذن يجب ان تقرب الى نفس درجة ضبط المعلومات الحقلية .

مثال 1-18 :ادناه الفروقات المقاسة للمناسيب بالامتار بين اربع محطات A وB وC وD (شكل1-8)مع الاوزان المقدرة لهذه القيم. اوجد،بطريقة المربعات الصغرى،اكثر القيم إحتمالا للفروقات بالمناسيب الى اقرب 0.0001 متر.

| من | الى | الارتفاع | الانخفاض | الوزن |
|---|---|---|---|---|
| A | B | 5.977 | | 3 |
| B | C | 8.550 | | 1 |
| C | D | | 2.877 | 2 |
| D | A | | 11.665 | 1 |
| D | B | | 5.678 | 3 |

(جامعة لندن)




الشكل 1-8

الحل

لتبسيط الامور ، افرض قيمة مطلقة مقدارها 100.00 متر للمحطة A ، ففي جميع تعديلات شبكات التسوية تفترض المحطة التي تبدأ منها عملية التسوية بأنها صحيحة. وعليه فالمفروض ايجاد مناسيب B و C و D فقط .

باستخدام اول ثلاث فروقات للمناسيب المقاسة ، تكون المناسيب المفترضة لـ B و C و D :

$B=105.977M.$ ، $C=114.527M.$ ، $D=111.650M.$

والان يتم تكوين معادلات الرصد "لكل خط" من الشبكة كما يلي :

(اكثر منسوب إحتمالا لـB) ناقصا (اكثر منسوب إحتمالا لـA) يساوي (الفرق المقاس للمنسوب).

اي: $B + v_1 - A = 5.977$
إذن : $105.977 + v_1 - 100.000 = 5.977$
إذن : $v_1 = 0$ (الوزن 3)

وبنفس الطريقة: $C + v_2 - (B + v_1) = 8.550$
إذن: $114.527 + v_2 - 105.977 - v_1 = 8.550$
إذن: $v_2 - v_1 = 0$ (الوزن 1)

ايضا : $D + v_3 - (C + v_2) = -2.877$
$111.650 + v_3 - 114.527 - v_2 = -2.877$
إذن: $v_3 - v_2 = 0$ (الوزن 2)

ايضا : $A - (D + v_3) = -11.665$
إذن : $100\ 000 - 111.650 - v_3 = -11.665$
إذن : $v_3 = 15MM.$ (الوزن 1)

ايضا : $B + v_1 - (D + v_3) = -5.678$
إذن: $105.977 + v_1 - 111.650 - v_3 = -5.678$
إذن: $v_1 - v_3 = -5MM.$ (الوزن 3)

وبتجميع معادلات الرصد لاجل سهولة التمحيص:

$v_1 = 0$ (الوزن 3)    $v_3 = 15MM.$ (الوزن 1)
$v_2 - v_1 = 0$ (الوزن 1)    $v_1 - v_3 = -5MM.$ (الوزن 3)
$v_3 - v_2 = 0$ (الوزن 2)

ومن خلال تمحيص معادلات الرصد والمعادلة 25-1 تكون المعادلات الطبيعية:

$7v_1 - v_2 - 3v_3 = -15MM.$
$-v_1 + 3v_2 - 2v_3 = 0$
$-3v_1 - 2v_2 + 6v_3 = 30MM.$

ومن الحل ينتج: $\gamma_1=2.3MM$ ، $\gamma_2=6.2MM$ ، $\gamma_3=8.2MM$.

وهكذا تكون مناسيب:
A=100.000M.
B=105.977+0.0023=105.979 3M.
C=114.527+0.0062=114.533 2M.
D=111.650+0.0082=111.658 2M.

وعليه تكون الفروقات الاكثر إحتمالاً بالمناسيب:
A-B= 5.9793M.
B-C= 8.5539M.
C-D=-2.8750M.
D-A=-11.6582M.

المجموع يساوي: صفر (يحقق)

وحيث أن (D-B=-5.6789M.) ، فهذا ايضا يتفق مع مجموع القيمتين الثانية والثالثة المعطاة اعلاه.

لاحظ: يجب ملاحظة النقاط المهمة التالية فيما يخص شبكات التسوية:
(1) بالنظر لما يعتقد من ان اخطاء المناسيب تخضع للقوانين الوارد ذكرها فإنها تتناسب مع الجذر التربيعي لطول الخط الذي تجري تسويته اي: $(\sigma \propto (L)^{1/2})$.
مع ذلك ، ولما كانت $((1/\sigma^2) \propto$ (الاوزان)) فبالنسبة لخطوط التسوية تصبح $((1/L) \propto W)$ اي ان الوزن يتناسب عكسيا مع طول الخط الذي تجري تسويته.
(2) كان بالامكان حل التمرين بنفس السهولة بطريقة المعادلات الشرطية ، وفي تلك الحالة ستكون الشروط ؛
(A)يجب ان تغلق الدائرة(ABCDA) الى الصفر.
(B)يجب ان تغلق الدائرة(BCDB) الى الصفر.
(C)يجب ان تغلق الدائرة(ABDA) الى الصفر.

مع ذلك ، فالقاعدة المستخدمة في تحديد عدد الشروط قد تم ذكرها سابقا ، اي:
عدد الكميات المقاسة بشكل مباشر : يساوي 5
(الخطوط(AB)و(BC)و(DC)و(DA)و(DB))
عدد المجاهيل المستقلة : يساوي 3
(المحطات B و C و D)

إذن عدد الشروط المطلوبة اعلاه : يساوي 2

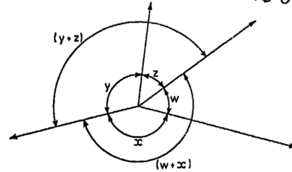
مثال 1-19 : قيست الزوايا "التي تقفل الافق" حول محطة معينة كما يلي :

$w = 70° 05' 31.6''$
$x = 164° 23' 39.8''$
$y = 96° 50' 51.6''$
$z = 28° 39' 50.0''$
$(w + x) = 234° 29' 03.4''$
$(y + z) = 125° 30' 38.2''$

اوجد بطريقة المربعات الصغرى ، اكثر القيم احتمالا للزوايا w و x و y و z . (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

هذا التمرين هو موضح في (الشكل 1–9) حيث يتبين بأن هنالك شرط يجب تحقيقه وهو ان القيمة الاكثر إحتمالا للزاوية $(z + y + x + w)$ تساوي $360°$ .
من هذا الشرط يمكن إذن رؤية انه إذا عرفت قيمة w و x و y فإن القيمة الاكثر إحتمالا لـ z يجب ان تكون $(360° - (w + x + y))$. وهكذا يمكن ان تعتبر z بأنها كمية "غير مستقلة" DEPENDENT ويتطلب الامر ايجاد قيم w و x و y فقط . وبهذه الطريقة يقل عدد المعادلات الطبيعية من 4 الى 3.




شكل 1–9

تؤخذ القيم المفترضة لـ w و x و y بأنها تساوي القيم المقاسة اعلاه، وعليه ستكون معادلات الرصد الثلاث الاولى:

$$v_1 = 0 \quad , \quad v_2 = 0 \quad , \quad v_3 = 0$$

إذن القيمة الاكثر احتمالا لـ z تساوي :

$$= 360° - (w + v_1 + x + v_2 + y + v_3) = 28° \, 39' \, 50.0''$$

وتعويض القيم المفترضة لـ w و x و y يعطي: $v_1 + v_2 + v_3 = +7''$

وبنفس الطريقة : $w + v_1 + x + v_2 = 234° \, 29' \, 03.4''$

وتعويض القيم المفترضة لـ w و x يعطي: $v_1 + v_2 = -8''$

$$(y + z) = y + v_3 + 360° - (w + v_1 + x + v_2 + y + v_3) = 125° \, 30' \, 38.2''$$

وتعويض القيم المفترضة لـ w و x و y يعطي: $v_1 + v_2 = 10.4''$

إن المعادلات الطبيعية المكونة من معادلات الرصد مباشرة ومن (المعادلة العامة 1–23) بالطريقة الاعتيادية هي:

$$4v_1 + 3v_2 + v_3 = +9.4''$$
$$3v_1 + 4v_2 + v_3 = +9.4''$$
$$v_1 + v_2 + 2v_3 = +7.0''$$

والحل يعطي: $v_1 = 0.98'' \quad v_2 = 0.98'' \quad v_3 = 2.52''$

إذن القيمة الاكثر احتمالا لـ w : $= 70° 05' 31.6'' + 0.98'' = 70° 05' 32.6''$

والقيمة الاكثر احتمالا لـ x : $= 164° 23' 39.8'' + 0.98'' = 164° 23' 40.8''$

والقيمة الاكثر احتمالا لـ y : $= 96° 50' 51.6'' + 2.52'' = 96° 50' 54.1''$

والقيمة الاكثر احتمالا لـ z :

$z = 360° -$ (القيم الاكثر احتمالا لـ w و x و y) $= 28° 39' 52.5''$

مثال 1-20 : الزوايا المقاسة لشكل رباعي ارضي (ABCD) معطاة ادناه مع لوغاريثمات جيوبها والفروقات في لوغاريثمات الجيوب لثانية واحدة واوزان كل منها .

| الوزن | الفرق للوغاريثم الجيب لثانية واحدة | لوغاريثم الجيب | الزاوية المقاسة ″ | ′ | ° | | العدد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0.000 031 7 | $\bar{1}$.759 519 0 | 09 | 05 | 35 | CAD | 1 |
| 2 | 0.000 014 2 | $\bar{1}$.919 165 2 | 57 | 06 | 56 | BAC | 2 |
| 1 | 0.000 020 2 | $\bar{1}$.858 877 0 | 00 | 16 | 46 | DBA | 3 |
| 1 | 0.000 020 2 | $\bar{1}$.858 651 2 | 08 | 14 | 46 | CBD | 4 |
| 2 | 0.000 034 6 | $\bar{1}$.716 600 8 | 49 | 22 | 31 | ACB | 5 |
| 2 | 0.000 035 8 | $\bar{1}$.705 186 3 | 41 | 28 | 30 | DCA | 6 |
| 3 | 0.000 006 9 | $\bar{1}$.977 960 7 | 02 | 54 | 71 | BDC | 7 |
| 3 | 0.000 023 0 | $\bar{1}$.829 963 4 | 02 | 32 | 42 | ADB | 8 |

استخرج المعادلات الطبيعية لايجاد اكثر القيم احتمالا للزوايا بطريقة المربعات الصغرى. لا يطلب حل المعادلات ولكن يجب ذكر الخطوات اللازمة للحصول على تصحيحات الزوايا بعد حل المعادلات .

لاحظ بأن :

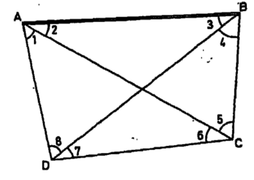
مجموع لوغاريثمات جيوب الزوايا الفردية ناقصا مجموع لوغاريثمات جيوب الزوايا الزوجية يساوي(6 008 0.000-)

(جامعة لندن)

الحل

لاجل إفادة الطالب سوف يجري حل هذا السؤال : (1) بدون فرض اوزان و (2) بشكله الاصلي الحاوي على اوزان بالطريقة المباشرة باستخدام معاملات الارتباط . CORRELATIVES

المتبع عمليا في الوقت الحاضر هو استخدام طريقة تغيير الاحداثيات ، وهذا يتطلب استخدام الكومبيوتر .




شكل 1-10

(1) من الضروري الحصول على العدد الصحيح من المعادلات الشرطية المطلوبة. وبالرجوع الى (الشكل 1-10) يتبين بأن عدد الكميات المقاسة مباشرة هو ثمان ، وعدد المجاهيل المستقلة هو اربعة.وهذه الملاحظة الاخيرة يجب ان ينظر اليها الان بعناية.ففي اي مشروع تثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION ، يبدأ العمل من خط القاعدة (AB) لتثبيت مواقع إحداثيات النقاط الاخرى. وهكذا فتثبيت C وD يتطلب معرفة تشريقهما وتشميلهما مما يعطي اربعة مجاهيل مستقلة. فعدد المعادلات الشرطية المطلوبة إذن هو (8-4=4). فكما هو مبين في الفصل الثاني من هذا الكتاب هنالك ثمانية شروط لتعديل الشكل الرباعي متقاطع الاقطار CROSSED QUADRILATERAL ، لا تكون كلها مستقلة. اما اربعة الشروط الاكثر استقلالا فهي :

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 = 360^\circ$$
$$2 + 3 - 6 - 7 = 0$$
$$1 + 8 - 4 - 5 = 0$$

$$\log\sin 1 + \log\sin 3 + \log\sin 5 + \log\sin 7 - (\log\sin 2 + \log\sin 4 + \log\sin 6 + \log\sin 8) = 0$$

حيث يسمى هذا الشرط الاخير بشرط الضلع SIDE CONDITION وغالبا ما يكتب :
(لوغاريثمات جيوب الزوايا الفردية) =
(لوغاريثمات جيوب الزوايا الزوجية)

وانظر الفصل الثاني فيما يخص الاشتقاق.

وحيث ان الشكل الرباعي متقاطع الاقطار هو شكل "انيق UNIQUE" فالشروط أعلاه هي الشروط القياسية المستخدمة في تعديله دائما.

وبفرض التصحيحات $v_1$... $v_8$ للزوايا 1...8 ، تصبح المعادلات الشرطية كما يلي :

$$1 + v_1 + 2 + v_2 + 3 + v_3 + 4 + v_4 + 5 + v_5 + 6 + v_6 + 7 + v_7 + 8 + v_8 - 360^\circ = 0$$

وتعويض القيم المقاسة للزوايا 1 و2 و... و8 يعطي :

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 - 12'' = 0$$

وبنفس الطريقة؛

$$v_2 + v_3 - v_6 - v_7 + 14'' = 0$$
$$v_1 + v_8 - v_4 - v_5 + 14'' = 0$$

$$317v_1 - 142v_2 + 202v_3 - 202v_4 + 346v_5 - 358v_6 + 69v_7 - 230v_8 - 86 = 0$$

لقد تم الحصول على المعادلة الاخيرة كما يلي ؛ لو تم تصحيح الزاوية 1 بمقدار ("1+) فإن تصحيح لوغاريثم جيبها سيكون (7 031 0.000+) كما هو مبين في السؤال. وهكذا ـ عموما ـ يؤدي التصحيح ("$v_1$) للزاوية 1 الى تصحيح مقداره ($d_1 v_1$) للوغاريثم جيبها ، حيث ان $d_1$ هو "الفرق" في لوغاريثم الجيب لتغيير مقداره $v_1$ في الزاوية

إذن فإن شرط الضلع يكتب كالتالي :

$$\log \sin 1 + d_1v_1 + \log \sin 3 + d_3v_3 + \log \sin 5 + d_5v_5 + \log \sin 7 + d_7v_7$$
$$- (\log \sin 2 + d_2v_2 + \log \sin 4 + d_4v_4 + \log \sin 6 + d_6v_6 + \log \sin 8 + d_8v_8)$$

مع ذلك ، ولما كان :

ΣLOG SIN(زوايا فردية) - ΣLOG SIN(زوايا زوجية)=E

فإن المعادلة اعلاه يمكن كتابتها كما يلي :

$$d_1v_1 - d_2v_2 + d_3v_3 - d_4v_4 + d_5v_5 - d_6v_6 + d_7v_7 - d_8v_8 \pm E = 0$$

وتعويض قيم d وE من السؤال يعطي المعادلة الشرطية المذكورة في صحيفة 72 . وللسهولة فقد تم إعادة كتابة المعادلات الشرطية هنا بعد ضربها بمعاملات ارتباطها ، والخ.

$$K_1(v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6+v_7+v_8-12'')=0 \langle A55-1\rangle$$
$$K_2(v_2+v_3-v_6-v_7+14'')=0 \langle B55-1\rangle$$
$$K_3(v_1+v_8-v_4-v_5+14'')=0 \langle C55-1\rangle$$
$$K_4(317v_1-142v_2+202v_3-202v_4+346v_5-358v_6+69v_7-230v_8-86)=0 \langle D55-1\rangle$$

ثم بالتعميم المباشر، كما هو مبين في(الفقرة 1-11-8) تكون المعادلات الطبيعية :

$$8K_1+0+0+2K_4-12''=0$$
$$0+4K_2+0+349K_4+14''=0$$
$$0+0+4K_3-57K_4+14''=0$$
$$2K_1+349K_2-57K_3+507\,802K_4-86=0$$

إن القيمة الاخيرة البالغة 802 507 هي بالطبع عبارة عن مجموع مربعات معاملات (المعادلة D55-1) ويجب على الطلبة ان يكونوا حذرين جدا مع الكميات السالبة. فمثلا ، لقد تم استخراج ($K_2$ [bd]) من ضربي معاملي (المعادلتين B55-1) و (D) كالتالي :

(1 × (-142 ))+(1 × 202)+((-1)×(-358))+((-1)×69)=349

وعلى الطالب دراسة (الفقرة 1-11-8) بعناية عند تكوين المعادلات الطبيعية.

ايضا من المعادلات الشرطية يمكن إثبات:

| | |
|---|---|
| $v_1 = K_1 + K_3 + 317K_4$ | $v_5 = K_1 - K_3 + 346K_4$ |
| $v_2 = K_1 + K_2 - 142K_4$ | $v_6 = K_1 - K_2 - 358K_4$ |
| $v_3 = K_1 + K_2 + 202K_4$ | $v_7 = K_1 - K_2 + 69K_4$ |
| $v_4 = K_1 - K_3 - 202K_4$ | $v_8 = K_1 + K_3 - 230K_4$ |

(2) الاوزان (بشكلها المجدول) - راجع (الجدول 1-4)

(A)تستخرج المادلات الشرطية بنفس الطريقة المذكورة في (1) اعلاه - انظر (المعادلات A55-1 الى D).
(B)يتم إدخال معاملاتها عموديا في العمود المناسب.

الجدول 4-1

| $V$ | $1/w \times C = W$ | $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $Waa$ | $Wab$ | $Wac$ | $Wad$ | $Wbb$ | $Wbc$ | $Wbd$ | $Wcc$ | $Wcd$ | $Wdd$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v_1$ | $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ | 1 | | 1 | 317 | 3 | 0 | 3 | 951 | 0 | 0 | 0 | 3 | 951 | 301 467 |
| $v_2$ | 3 | 1 | 1 | | −142 | 3 | 3 | 0 | −426 | 3 | 0 | −426 | 0 | 0 | 60 492 |
| $v_3$ | 6 | 1 | 1 | | 202 | 6 | 6 | 0 | 1212 | 6 | 0 | 1212 | 0 | 0 | 244 824 |
| $v_4$ | 6 | 1 | | −1 | −202 | 6 | 0 | −6 | −1212 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1212 | 244 824 |
| $v_5$ | 3 | 1 | | −1 | 346 | 3 | 0 | −3 | 1038 | 0 | 0 | 0 | 3 | −1038 | 359 148 |
| $v_6$ | 3 | 1 | −1 | | −358 | 3 | −3 | 0 | −1074 | 3 | 0 | 1074 | 0 | 0 | 384 492 |
| $v_7$ | 2 | 1 | −1 | | 69 | 2 | −2 | 0 | 138 | 2 | 0 | −138 | 0 | 0 | 9 522 |
| $v_8$ | 2 | 1 | | 1 | −230 | 2 | 0 | 2 | −460 | 0 | 0 | 0 | 2 | −460 | 105 800 |
| | | | | | | [ ] = 28 | 4 | −4 | 167 | 14 | 0 | 1722 | 14 | 665 | 1 710 569 |

المعادلات العامة :

$$28K_1 + 4K_2 - 4K_3 + 167K_4 - 12'' = 0$$
$$4K_1 + 14K_2 + 0 + 1722K_4 + 14'' = 0$$
$$-4K_1 + 0 + 14K_3 + 665K_4 + 14'' = 0$$
$$167K_1 + 1722K_4 + 665K_3 + 1\,710\,569K_4 - 86 = 0$$
( لاحظ التماثل )

(C)بعد ذلك يتم تجميع المعاملات حسب العناوين المناسبة ، صف بعد صف .

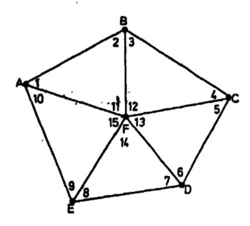
(D)تستخرج العلاقة بين التصحيح $v$ ومعامل الارتباط K من المعادلات الشرطية بالطريقة الاعتيادية ، وهذه العلاقة بالطبع هي مطابقة لتلك العلاقة المذكورة في (1) اعلاه، لكنها يجب ان تضرب بمقلوب وزنها وكما هو مبين في الفقرة (1-11-9) .

مثال 1-21 :كجزء من مشروع تثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION الذي يتألف من المضلع (ABCDE) وبداخله المحطة F ، مدرج ادناه الزوايا المقاسة مع لوغاريثمات جيوب الزوايا الخارجية.

| رقم | الزاوية المقاسة | ° | ′ | ″ | لوغاريثم الجيب | لوغاريثم الجيب | الفرق في لوغاريثم الجيب لـ(1") |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *BAF* | 38 | 44 | 54 | $\bar{1}$.796 505 5 | | 0.000 002 6 |
| 2 | *FBA* | 83 | 48 | 01 | | $\bar{1}$.997 452 5 | 0.000 000 2 |
| 3 | *CBF* | 42 | 34 | 30 | $\bar{1}$.830 303 0 | | 0.000 002 3 |
| 4 | *FCB* | 60 | 11 | 18 | | $\bar{1}$.938 351 7 | 0.000 001 2 |
| 5 | *DCF* | 56 | 02 | 45 | $\bar{1}$.918 808 3 | | 0.000 001 4 |
| 6 | *FDC* | 37 | 44 | 14 | | $\bar{1}$.786 780 4 | 0.000 002 7 |
| 7 | *EDF* | 40 | 06 | 22 | $\bar{1}$.809 024 3 | | 0.000 002 5 |
| 8 | *FED* | 86 | 53 | 52 | | $\bar{1}$.999 363 1 | 0.000 000 1 |
| 9 | *AEF* | 70 | 05 | 48 | $\bar{1}$.973 251 8 | | 0.000 000 8 |
| 10 | *FAE* | 23 | 48 | 13 | | $\bar{1}$.605 954 4 | 0.000 004 8 |
| 11 | *AFB* | 57 | .27 | 01 | | | |
| 12 | *BFC* | 77 | 14 | 17 | | | |
| 13 | *CFD* | 86 | 13 | 02 | | | |
| 14 | *DFE* | 52 | 59 | 48 | | | |
| 15 | *EFA* | 86 | 05 | 57 | | | |
| | | | | | $\Sigma = 1.3278929$ | 1.327 902 1 | |

استخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة في الحل بطريقة المربعات الصغرى بفرض اوزان متساوية لكافة الزوايا ، علما بأن حل المعادلات هو غير مطلوب. (جامعة لندن)

الحل:




شكل 1-11

من (الشكل 1-11) ، شروط التعديل هي :

$$1+2+11=180°$$
$$3+4+12=180°$$
$$5+6+13=180°$$
$$7+8+14=180°$$
$$9+10+15=180°$$
$$11+12+13+14+15=360°$$
$$1+2+3+4+5+6+7+8+9+10=(2n-4)90°=540°$$

$\sum$LOG SIN(زوايا فردية) = $\sum$LOG SIN(زوايا زوجية)

ولايجاد عدد الشروط المطلوبة :

عدد الكميات المرصودة بشكل مباشر : يساوي 15
عدد المجاهيل المستقلة : يساوي 8

---

إذن عدد الشروط المطلوبة : يساوي 7

خذ اي خط – وليكن(AB) – كقاعدة، فإن عدد النقاط المطلوب تثبيتها هو اربع، اي C وD وE وF ، ولكل منها تشريق وتشميل ، وهذا يعطي ثمانية مجاهيل مستقلة. ويمكن الان اختيار اية سبعة من الشروط الثمانية المذكورة على ان يدرج شرط الضلع من ضمنها . وهكذا بحذف الشرط الاول يتم تكوين المعادلات الشرطية التالية كما في المثال السابق :

$$K_1(v_3+v_4+v_{12}+5'')=0$$
$$K_2(v_5+v_6+v_{13}+1'')=0$$
$$K_3(v_7+v_8+v_{14}+2'')=0$$
$$K_4(v_9+v_{10}+v_{15}-2'')=0$$
$$K_5(v_{11}+v_{12}+v_{13}+v_{14}+v_{15}+5'')=0$$
$$K_6(v_1+v_2+v_3+v_4+v_5+v_6+v_7+v_8+v_9+v_{10}-3'')=0$$
$$K_7(26v_1-2v_2+23v_3-12v_4+14v_5-27v_6+25v_7-v_8+8v_9-48v_{10}-92)=0$$

والمعادلات الطبيعية ، باستخدام (المعادلة العامة 1-33) ، تكون :

$$3K_1+0+0+0+K_5+2K_6+11K_7+5''=0$$
$$0+3K_2+0+0+K_5+2K_6-13K_7+1''=0$$
$$0+0+3K_3+0+K_5+2K_6+24K_7+2''=0$$
$$0+0+0+3K_4+K_5+2K_6-40K_7-2''=0$$
$$K_1+K_2+K_3+K_4+5K_5+0+0+5''=0$$
$$2K_1+2K_2+2K_3+2K_4+0+10K_6+6K_7-3''=0$$
$$11K_1-13K_2+24K_3-40K_4+0+6K_6+5272K_7-92=0$$

ولو ان هذا ينهي السؤال حسب المطاليب ، ولكن على الطالب محاولة استخراج العلاقة بين $v$ و$K$ ايضا ، اي :

$v_1=K_6+26K_7$ $v_2=K_6-2K_7$, $v_{10}=K_4+K_6-48K_7$ $v_4=K_1+K_6-12K_7$
... والخ.

هنالك نقطة جديرة بالملاحظة في تعديل اي مضلع وهي ان الزوايا في النقطة المركزية "لا تستخدم" في شرط الضلع.

## تمارين

1-1 إشرح معنى كل من الخطأ العشوائي RANDOM ERROR و الخطأ النظامي SYSTEMATIC ERROR وبين بمثال كيف يمكن ان يحدث كل منهما في اعمال المسح الاعتيادية.

قيست زاوية عشر مرات من قبل الراصد A وكانت القراءات كما يلي ، علما بأن اعتماد RELIABILITY كافة القراءات هو متساوي :

74″ 38″ 18″ 20″ 15″ 21″ 24″ 16″ 22″ 17″ 19″ 13″

حيث ان الدرجات والدقائق بقيت ثابتة لكافة القراءات. ثم قيست نفس الزاوية تحت نفس الظروف ولكن من قبل الراصد B ، وكانت القراءات كما يلي :

74″ 36″ 10″ 21″ 25″ 08″ 15″ 20″ 28″ 11″ 18″ 24″

اوجد الانحراف المعياري STANDARD DEVIATION لكل راصد ووزنيهما النسبيين RELATIVE WEIGHINGS.

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: (±3.4″) و (±6.5″) و (A:B=9:2)]

2-1 إبتداء بالمبادئ الاولية، استخرج تعبيرا للخطأ المعياري في الزاوية المحتسبة W في مثلث وايزباخ WEISBACK TRIANGLE ، بفرض خطأ معياري مقداره ($\sigma_w$) في زاوية مثلث وايزباخ W واخطاء معيارية مساوية متناسبة في قياس الاضلاع.

ما هي الحقائق التي يمكن ان تستخرج من معادلة الخطأ الناتجة والتي لها علاقة بتقنية الارتباط CORRELATION باستخدام هذه الطريقة ؟ (بوليتكنيك كنكزتون)

[الجواب: انظر كتاب المسح الهندسي/الجزء الاول (سكوفيلد - شعبان) 1986]

3-1 ما هو الفرق بين الخطأ ERROR والغلطة MISTAKE ؟ وكيف يطبق الوزن WEIGHTING على القراءات ؟

اربعة روافم تسوية A و B و C و D ،ثبتت بواسطة عملية التسوية الدقيقة حيث أبقيت القراءات الخلفية والقراءات الامامية متساوية في الطول. والجدول ادناه يبين القراءات المأخوذة والمسافات وعدد المرات التي جرت بها عملية التسوية. فإذا كان منسوب A هو 27.091م فوق مستوى الاسناد المساجي (AOD)، اوجد القيم المحتملة للنقاط الاخرى (I) غير موزونة (II) موزونة.

(جامعة لندن)

| عدد مرات التسوية | المسافة (كم) | التحويل (متر) | الخط |
|---|---|---|---|
| مرة واحدة | المسافة4 | 6.254 إرتفاع | (A الى B) |
| مرتين | المسافة5 | 5.316 إرتفاع | (B الى C) |
| مرة واحدة | المسافة3 | 4.639 إرتفاع | (C الى D) |
| مرتين | المسافة6 | 9.970 إنخفاض | (D الى B) |
| مرتين | المسافة6 | 11.558إنخفاض | (C الى A) |

[الجواب: (I) (B=33.339M.) و(C=38.655M.) و(D=43.302M.)
(II) (B=33.337M.) و(C=38.655M.) و(D=43.301M.)]

4-1 الفروقات بالمناسيب بين اربع محطات تثليث (بقياس الزوايا) A وB وC وD كما احتسبت بالتسوية المثلثية TRIGONOMETRIC LEVELLINGهي كما مبين ادناه مع الاوزان النسبية للقراءات. فإذا كان منسوب A يساوي 108.32م ، اوجد اكثر القيم احتمالا لمناسيب المحطات B وC وD.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

| وزن القراءات | الفرق بالمنسوب(متر) | الخط |
|---|---|---|
| 1 | 18.50 | A الى B |
| 2 | -11.42 | B الى C |
| 3 | 5.93 | C الى D |
| 1 | -12.95 | D الى A |
| 3 | -5.64 | B الى D |

[الجواب: 126.84متر و 115.36متر و 121.25متر]

5-1 قرائت الزوايا من المحطة O الى خمس محطات اخرى P و Q وR وS وT كما هو مجدول ادناه ، وقد قرائت مجموعات معينة من الزوايا مرتان.اما الاوزان التي يجب ان تعطى الى القراءات فهي كما في الجدول.

| الوزن | قيمة الزاوية ° ′ ″ | العدد | الزاوية |
|---|---|---|---|
| 2 | 54 27 34 | 1 | POQ |
| 2 | 73 21 43 | 2 | QOR |
| 2 | 86 17 22 | 3 | ROS |
| 2 | 79 14 35 | 4 | SOT |
| 2 | 66 38 47 | 5 | TOP |
| 3 | 214 06 38 | 6 | POS |
| 5 | 145 53 26 | 7 | SOP |

اوجد اكثر القيم احتمالا للزوايا الى اقرب ثانية واحدة. (جامعة لندن)
[الجواب: ايماء : 5 هي كمية غير مستقلة ، وتمحيص المعادلات الطبيعية يعطي بسرعة( $\tau_4=1''$ ر $\tau_1=\tau_2=\tau_3=-1''$ )]

6-1 يتألف جزء من مشروع تثليث (بقياس الزوايا) من المثلث (ABC) والنقطة المركزية D، وجدول ادناه الزوايا المقاسة مع لوغاريثمات جيوب الزوايا الخارجية، اذكر شروط تعديل الشكل، ومن ثم اختر العدد الصحيح من الشروط المطلوبة واستخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة للتعديل بالمربعات الصغرى للشكل باستخدام طريقة معاملات الارتباط. لا تحاول حل المعادلات ولكن استخرج العلاقة الخطية LINEAR RELATIONSHIP بين معاملات الارتباط والاخطاء المتبقية. (بوليتكنيك كنكزتون)

| الرقم | الزاوية | قيمة الزاوية ° | ′ | ″ | لوغاريثمات الجيوب | | الفرق لـ(1″) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *DAB* | 23 | 02 | 45.4 | $\bar{1}$.592 697 6 | | 49.5 |
| 2 | *ABD* | 67 | 43 | 16.1 | | $\bar{1}$.966 305 9 | 8.6 |
| 3 | *CBD* | 37 | 10 | 55.4 | $\bar{1}$.781 288 2 | | 27.8 |
| 4 | *BCD* | 24 | 12 | 01.0 | | $\bar{1}$.612 707 0 | 46.8 |
| 5 | *ACD* | 17 | 12 | 50.8 | $\bar{1}$.471 208 5 | | 68.0 |
| 6 | *CAD* | 10 | 38 | 08.3 | | $\bar{1}$.266 144 3 | 112.1 |
| 7 | *ADB* | 89 | 13 | 57.6 | | | |
| 8 | *BDC* | 118 | 37 | 05.7 | | | |
| 9 | *ADC* | 152 | 08 | 56.7 | | | |
| | | | | | Sum = $\bar{1}$.845 194 3 | $\bar{1}$.845 157 2 | المجموع= |

[الجواب : خمسة شروط ، الجواب سيختلف تبعا للشروط المختارة.]

7-1 خمس محطات تثليث (ABCDE) على هيئة الشكل الرباعي (ABCD) مع المحطة الداخلية E، اما الزوايا المقاسة فهي كما يلي:

| الرقم | قيمة الزاوية ° | ′ | ″ | لوغاريثم الجيب | الفرق لـ(1″) |
|---|---|---|---|---|---|
| *EAB* | 30 | 59 | 14 | $\bar{1}$.711 678 0 | 0.000 003 5 |
| *ABE* | 44 | 41 | 11 | $\bar{1}$.847 094 8 | 0.000 002 1 |
| *EBC* | 61 | 21 | 56 | $\bar{1}$.943 343 6 | 0.000 001 2 |
| *BCE* | 55 | 19 | 07 | $\bar{1}$.915 045 6 | 0.000 001 5 |
| *ECD* | 58 | 01 | 51 | $\bar{1}$.928 566 5 | 0.000 001 3 |
| *CDE* | 45 | 54 | 45 | $\bar{1}$.856 292 6 | 0.000 002 0 |
| *EDA* | 33 | 16 | 36 | $\bar{1}$.739 321 0 | 0.000 003 2 |
| *DAE* | 30 | 25 | 22 | $\bar{1}$.704 473 7 | 0.000 003 6 |
| *BEA* | 104 | 19 | 38 | | |
| *CEB* | 63 | 18 | 58 | | |
| *DEC* | 76 | 03 | 41 | | |
| *AED* | 116 | 17, | 43 | | |

استخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة لايجاد الاخطاء في القيم المقاسة بطريقة المربعات الصغرى . افرض بأن لكافة القراءات وزنا واحدا واهمل الزيادة الكروية

SPHERICAL ACCESS. ولا داعي لحل المعادلات.

(جامعة لندن)

[الجواب: ستة شروط ـ والجواب سيختلف تبعا للشروط المختارة].

## المصادر


1 ASHKENAZI, V. 'Adjustment of Control Networks for Precise Engineering Surveys', *Chartered Surveyor*, No 102, 1970.

2 ASHKENAZI, V., *et al.* 'Measurement of Deformations by Surveying Techniques', Seminar, University of Nottingham, Jan 1978.

3 PLACKETT, R. L. 'A Historical Note on the Method of Least Aquares', *Biometrika*, Vol 36, Dec 1969.

4 SCHOFIELD, W. 'The Effect of Various Adjustment Procedures on Traverse Networks', *The Civil Engineering Surveyor*, April and May 1979.

5 SCHOFIELD, W. 'Traverse Adjustment by Variation of Co-ordinates', *The Civil Engineering Surveyor*, June and Sept 1979.

6 SUNTER, A. B. 'Statistical Properties of Least Squares Estimates', *Canadian Surveyor*, March 1966.

الفصل الثاني

# مسوحات الضبط

عموما ، يتم تكوين شبكات الضبط ذات الثلاثة ابعاد للمشاريع الانشائية الكبيرة كالانفاق والجسور والمشاريع الانشائية الكهربائية... والخ من خلال :

(1) التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION.
(2) التثليث بقياس الاضلاع TRILATERATION.
(3) المزج بين (1) و(2)، اي التثليث بقياس الزوايا والاضلاع TRIANGULATERATION.
(4) التضليع TRAVERSING بقياس المسافة الكترومغناطيسيا ELECTRO MAGNETIC DISTANCE MEASUREMENT (EDM).

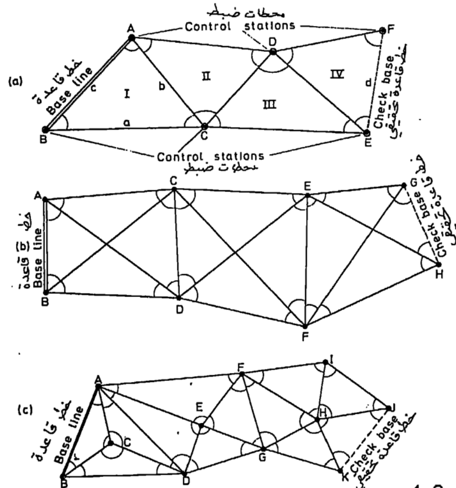
في الوقت الذي تكون فيه عملية التثليث بقياس الزوايا اكثر التقنيات شيوعا ، فقد اخذ يحل محلها بسرعة ـ في المسح الهندسي الحديث ـ التضليع بقياس المسافة الكترومغناطيسيا ، وقد اثبتت الاخيرة بانها لا تختلف عن الاولى بالدقة، إضافة الى انها اكثر اقتصادية منها بكثير. اما التثليث بقياس الاضلاع ، فبالرغم من انها جيدة نظريا لكنها لا تستخدم بكثرة ، وربما يعزى هذا لعدم توفر التحقيقات السهلة ولحساباتها المعقدة. اما البديل(3) اي التثليث بقياس الزوايا والاضلاع فتستخدم بشكل واسع جدا وذلك للحصول على سيطرة اكبر على خطأ المقياس SCALE ERROR في اعمال التثليث بقياس الزوايا.

## 2-1 التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION

ولو ان المساحات التي تتعامل معها اعمال الانشاءات صغيرة نسبيا بالمقارنة مع المسوحات الوطنية (معطية ما يسمى بالتثليث بقياس الزوايا الدقيق MICRO ACCURACY TRIANGULATION) غالبا ما تكون درجة الضبط المطلوبة لتكوين مسوحات الضبط عالية جدا ، مثل قياسات الانفاق الطويلة او قياسات تشويهات السدود.

إن اسس هذه الطريقة موضحة من خلال الاشكال الاساسية النموذجية المبينة في (الشكل 2-1). فإذا قيست جميع الزوايا يتم الحصول على مقياس الشبكة من خلال قياس ضلع واحد فقط ، اي قياس خط القاعدة. وعليه فإن اي خطأ في قياس خط القاعدة سيؤدي الى خطأ في المقياس على امتداد الشبكة. وهكذا ، ولاجل السيطرة على الخطأ يجب قياس خطوط قاعدة تحقيقية CHECK-BASE LINES على فترات. ويعرف خطأ المقياس بانه الفرق بين طول خط القاعدة التحقيقي المقاس والمحتسب. وباستخدام خط القاعدة والزوايا المعدلة يمكن ايجاد اطوال بقية اضلاع المثلثات وبالتالي ايجاد إحداثيات محطات الضبط CONTROL STATIONS.

إن اكثر ما يناسب التثليث هي الاماكن المتموجة المفتوحة التي تعطي خطوط نظر طويلة خالية من العوارض، اما في المناطق الحضرية (اي في المدن) فتستخدم السطوح في اعمال التثليث بقياس الزوايا حيث تثبت محطات الضبط على سطوح المباني الممكن الوصول اليها .




شكل 1-2
(a) سلسلة من مثلثات بسيطة (b) اشكال رباعية متقاطعة الاقطار (c) مضلعات بنقاط مركزية

## 1 - 1 - 2 شكل المثلث

يتم احتساب اضلاع الشبكة من قانون الجيوب ، فمن المثلث (ABC) في (الشكل A1-2):

$$\log b = \log c + \log \sin B_1 - \log \sin C_1$$

ويتم ايجاد تأثير الاخطاء في قياس الزاويتين B وC على الضلع b بالطريقة الاعتيادية. فخذ الخطأ ($\delta b$) في الضلع (b) الذي سببه الخطأ ($\delta B$) في قياس الزاوية B ، وهكذا :

$$\frac{\delta b}{b} = \delta B \cot B$$

ونفس الشيء بالنسبة للخطأ ($\delta C$) في قياس الزاوية C :

$$\frac{\delta b}{b} = -\delta C \cot C$$

فإذا اعتبرنا بأن الاخطاء اعلاه هي اخطاء معيارية فإن تركيبها مع بعضها يعطي:

$$\frac{\sigma_b}{b} = \{(\sigma_B \cot B)^2 + (\sigma_C \cot C)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

ايضا، وبفرض اخطاء زاوية متساوية اي ($\sigma_B = \sigma_C = \sigma$ RAD.)
ينتج:

$$\frac{\sigma_b}{b} = \sigma(\cot^2 B + \cot^2 C)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\langle 1-2\rangle$$

تشير (المعادلة 2-1) بأنه عندما تقترب الزاويتان B و C من 90° يكون تأثير الخطأ الزاوي على الضلع المحتسب b بأصغر قيمة MINIMUM، وهكذا فالشبكة المثالية لـ (الشكل 2-A1) تكون بجعل الزوايا المقابلة للاضلاع التي لا تدخل في احتساب خطأ المقياس صغيرة جدا ، اي الاضلاع (BC) و (AD) و (CE) و (DF). مع ذلك فإن كذا شبكة لا تكون مقترحا عمليا وذلك بسبب محدودية تغطيتها الارضية وافضل حل يكون باستخدام مثلثات متساوية الاضلاع اينما كان ذلك ممكنا. أما إذا كان لابد من وجود الزوايا الصغيرة كما إذا لم يكن بالامكان تثبيتها بحيث لا تدخل في حسابات المقياس ، فيجب ان تقاس بدرجة عالية من الدقة.

افرض الآن بأن ( B=C=60° ) و ( $\sigma''=\pm1''$ ). وهكذا لما كان ( COT 60° =$3^{-\frac{1}{2}}$ ) و ( $\sigma$ RAD. ≈ 1/20 000 ) :

$$\frac{\sigma_b}{b} = \frac{1}{200\,000}\left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{245\,000}$$

وسيكون الخطأ بعد n من المثلثات مساويا الى $n^{1/2}$ مرة بقدر الخطأ في كل مثلث.

$$\therefore \frac{\sigma_b}{b} = \frac{n^{\frac{1}{2}}}{245\,000}$$

وهكذا بعد تسع مثلثات مثلا، سيكون خطأ المقياس مساويا (1/82 000) تقريبا . وهذه النتيجة تشير الى الحاجة الى اعلى درجة من الضبط في قياس خط القاعدة وقياس الزوايا ، كما تشير الى الحاجة الى قواعد تحقيقية على فترات منتظمة والى مثلثات منسقة جدا WELL CONDITIONED

يمكن الاثبات بأن (المعادلة 2-1) - عند تعديل الزوايا - تصبح :

$$\frac{\sigma_b}{b} = \sigma\{\tfrac{2}{3}(\cot^2 B + \cot B \cot C + \cot^2 C)\}^{\frac{1}{2}}$$

والتي تشير - نظريا - الى انه لا يوجد تحسن في خطأ المقياس إذا كانت (B = C).

## 2-1-2 الخطوات العامة

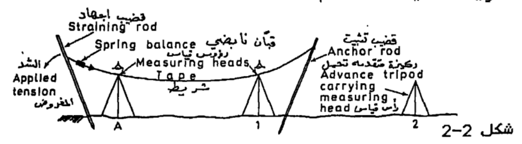
(1) استطلاع المنطقة لضمان افضل مواقع ممكنة للمحطات ولخطوط القاعدة.
(2) إنشاء المحطات .
(3) تقرير نوع الهدف والجهاز اللذان سيستخدمان وطريقة الرصد ايضا . كل ذلك يعتمد على الدقة المطلوبة واطوال

خطوط النظر المتضمنة.
(4) قياسات الزوايا وخط القاعدة.
(5) الحسابات ـ إحتساب خط القاعـــدة وتعديل المحطات والشكل ثم إحداثيات المحطات بالطرق المباشرة.

لقد تم إعطاء فكرة عامة عن التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION ، وسيجري الان بحث نواحيها المختلفة بالتفصيل.

## 2 – 1 – 3 خطوط القاعدة المقاسة بالشريط المعلق

لاجل تحقيق درجة الضبط المطلوبة ، تقاس خطوط القاعدة إما باستخدام الشريط المعلق المصنوع من الحديد او من معدن الانفار ، او باستخدام اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية(EDM)، وكلما تصبح معدات ال (EDM) اكثر تطورا وضبطا يصبح استخدام طريقة الشريط المعلق اقل شعبية طبعا . في الحقيقة ، يتضح بأن درجات الضبط الفائقة التي تمتلكها كذا معدات لقياس المسافات القصيرة كجهاز KERN MEKOMETER تجعل طرق الشريط المعلق ميتة. مع ذلك فان طرق الشريط المعلق لاتزال تستخدم ، ويمكن ان يكون البحث المتعمق في الاخطاء النظامية SYSTEMATIC ERRORS التي تحدث بهذه الطريقة مفيدا للطالب فقط .




شكل 2-2

يبين (الشكل 2-2) طريقة القياس بالشريط المعلق، حيث يعلق الشريط مرتفعا عن الارض على رأسي قياس MEASURING HEADS ، ويعطى الشد المطلوب إما بواسطة ميزان نابضي مثبتة الى شاخص او من خلال اوزان تعلق حول بكرة بينما تكون النهاية الاخرى مثبتة. حيث تقرأ كلتا نهايتي الشريط مقابل علامة الشريط على رأسي القياس في وقت واحد وبنفس الوقت الذي يصل اليه الشد المطلوب بالشريط. وهكذا تتكرر العملية عدة مرات حتى يتم الحصول على عينة كافية من النتائج المعتمدة. ولاجل حذف الاخطاء النظامية تؤخذ درجات الحرارة والشد والفرق بالارتفاع بين رأسي القياس ثم متوسط منسوب الخط فوق مستوى الاسناد المساحي (AOD) إن تطلب الامر ذلك. من ثم يتم تحويل كل جزء من الخط الى الطول الافقي المقابل له كما هو مبين في(الفقرات من 2-1-3-1 الى 2-1-3-7) التالي ذكرها :

## 1-3-1-2 التعيير STANDARDIZATION

يتغير طول الشريط تدريجيا خلال فترة من الاستعمال لاسباب متعددة ، ويمكن ايجاد مقدار هذا التغير بواسطة تعيير الشريط في مختبر الفيزياء البريطاني الوطني NPL لمعدن الانفار او في قسم التجارة والصناعة البريطاني (DTI) لمعدن الحديد او من خلال مقارنته بشريط قياس مرجعي محفوظ خصيصا لهذا الغرض ، وعندها يعرف الشريط بأنه بطول 30.003م بدرجة حرارة (20°C) وكتلة إجهاد (شد) 10كغم او بطول 30م تماما بدرجة حرارة غير درجة الحرارة المعيارية.

لاحظ جيدا : يجب ان يعطى الشد المفروض على الشريط بوحدة النيوتن N وهي وحدة القوة في نظام (SI) المتري. مع ذلك فموازين النابض المستخدمة في الحقل هي مقسمة بالكيلوغرامات وهذه هي وحدة الكتلة التي أتت منها التسمية "كتلة الاجهاد STRAINING MASS".

مثال 2-1 : قيست مسافة طولها 220.450م بشريط حديدي ذي الثلاثين متر. فوجد بأن طول الشريط عند التعيير كان 30.003م . اوجد المسافة الصحيحة المقاسة ، بفرض أن الخطأ هو موزع بشكل منتظم على طول الشريط.

الحل

الخطأ لكل 30م يساوي 3ملم
إذن مقدار التصحيح للطول الكلي هو:

$$= \left(\frac{220.450}{30}\right) \times 3\ \text{mm} = 22\ \text{mm}$$

إذن الطول الصحيح هو: 220.472 M. = 0.022 + 220.450=

ملاحظات للطالب :

(1) يبين (الشكل 2-3) بأنه إذا كان الشريط اطول من طوله الحقيقي تظهر المسافة المقاسة اقصر من طولها الحقيقي، وعليه يكون التصحيح موجبا ، والعكس هو عندما يكون الشريط اقصر من طوله الحقيقي.
(2) تنعكس القاعدة المذكورة في (1) اعلاه عند تثبيت مسافة معينة بالشريط.
(3) يفضل ان يجري احتساب (المثال 2-1) على اساس التصحيح(كما مبين)وليس على اساس الطول المصحح الكلي. ففي هذه الطريقة يستخدم عدد اقل من الارقام المعنوية.



شكل 2-3

مثال 2-2 : تم تعيير لفة شريط ذات الثلاثين متر بدرجة حرارة(20°C) ووجد بأن طولها كان 30.003م فما هي درجة الحرارة التي يكون عندها طول الشريط 30م تماما؟ علما بأن معامل تمدد الحديد يساوي 0.000 011 لكل درجة حرارة مئوية.

الحل

يكون تمدد 30م لكل درجة مئوية واحدة:

$=0.000\ 011 \times 30 = 0.000\ 33$ M.

وتمدد الـ 30م لـ9 درجات مئوية:

$=0.000\ 33 \times 9 = 0.003$ M.

إذن يكون طول الشريط 30م تماما عند درجة حرارة مقدارها:

$20 - 9 = 11°C$

وبطريقة أخرى ، باستخدام <المعادلة 2-2> حيث:

$\Delta t = (t_s - t_a)$

وعليه

$$t_a = -\frac{C_t}{KL} + t_s = -\left(\frac{0.003}{0.000\,011 \times 30}\right) + 20° = 11°C$$

حيث ان($t_a$) تساوي درجة الحرارة الفعلية و($t_s$) تساوي درجة الحرارة المعيارية.وهذه إذن ستصبح درجة الحرارة المعيارية للتصحيحات الحرارية المستقبلية.

2-3-1-2 درجة الحرارة

اعتياديا ،تُعيَّر اشرطة القياس بدرجة حرارة(20°C)، واي تغير فوق او تحت هذه الدرجة يؤدي الى تمدد او تقلص في الشريط معطيا بذلك اخطاء نظامية.
وقد ادّى استخدام اشرطة الانفار الى صعوبة الحصول على درجة الحرارة الحقيقية للشريط ، حيث ان معدن الانفار هو سبيكة من النيكل والحديد بمعامل تمدد واطئ جدا.

إن معامل تمدد الحديد يساوي ($K=11.2 \times 10^{-6}/°C$) ومعامل تمدد معدن الانفار هو($K=0.5 \times 10^{-6}/°C$).

تصحيح درجة الحرارة($C_t$) :

$C_t = K\ L\ \Delta t$ ...<2-2>

حيث ان L هو الطول المقاس بالامتار و($\Delta t$)هي الفرق بين درجة الحرارة المعيارية ودرجة حرارة الموقع بالدرجات المئوية السنتغراد. اما إشارة التصحيح فهي بموجب القاعدة المذكورة في (1) من ملاحظات الطالب اعلاه.

يمكن الحصول على تأثير الخطأ االناتج عن قياس درجة الحرارة من إجراء التفاضل على <المعادلة 2-2>:

وهكذا إذا كانت ($L=30$ M.)و($\delta\Delta t=2°C$)و($K=11 \times 10^{-6}/°C$)

فإن : $\delta C_t = 11 \times 10^{-6} \times 30 \times 2 = 0.000\ 66$ M.

والذي يساوي 1 الى 000 45 لطول الثلاثين متر.

### 3-3-1-2 الشـــد

عموما ، يستخدم شريط القياس وهو تحت تأثير الشد المعياري وهو في هذه الحالة لا يحتاج الى تصحيح.ويمكن ان تدعو الحاجة في بعض الحالات الى فرض شد اكبر من الشد المعياري . فمن قانون هوك :

(الجهد) = (الاجهاد) x (كمية ثابتة)

وهذه الكمية الثابتة هي نفسها للمادة الواحدة وتسمى "معامل المرونة(E) MODULUS OF ELASTICITY.
وحيث ان الاجهاد هو كمية خالية من الوحدات فإن لمعامل المرونة E نفس وحدات الجهد ، اي نيوتن على المليمتر المربع ($N/mm^2$).

$\therefore$ E =(الجهد المباشر)/(الاجهاد)=$(\Delta T/A)\div(C_T/L)$

$\therefore$ $C_T = L\ (\Delta T/AE)$ ...<3-2>

عادة تكون($\Delta T$) مساوية للجهد الكلي المؤثر على مساحة المقطع، وحيث ان الشريط سيكون معيرا تحت تأثير الشد فإن($\Delta T$) في هذه الحالة ستكون مساوية لمقدار الجهد "الاكبر" من المعياري . وهكذا ستكون ($\Delta T$) الفرق بين الشد الحقلي والشد المعياري، وتقاس هذه القيمة في الحقل عادة بالكيلوغرامات ويجب ان تحول الى نيوتنات لكي تنسجم مع بقية الوحدات المستخدمة في المعادلة ، علما بأن (1KGF= 9.806 65 N) . E هي معامل المرونة بالنيوتن على المللمتر المربع($N/MM^2$) وA هي مساحة المقطع العرضي للشريط بالمليمترات المربعة($MM^2$) و L هو الطول المقاس بالامتار(M) و ($C_T$) هو مقدار التمدد فهو إذن تصحيح لطول الشريط وهو بالامتار(M)ايضا . وحيث ان الشريط يتمدد تحت تأثير الشد الاضافي فإن التصحيح هو موجب (+).

يمكن ان تنشأ الاخطاء في الشد بسبب (I) خطأ مؤشر الميزان النابضي(II) خطأ القراءة(III) التدريج ، حيث تقسم الموازين عموما الى فترات مقدارها 0.2 كغم فقط.

من (المعادلة 2-3>: $\delta C = L\delta T/AE$

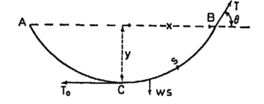
بفرض خطأ شد($\delta T$)مقداره 0.5 كغم و ($A=3mm^2$) ، كما ان ($E=210\ 10^3 N/mm^2=210\ kN/mm^2$) و($L=30\ M$).

$$\therefore\ \delta C_T = \frac{30\times 0.5\times 9.81}{3\times 210\times 10^3} = 1 \text{ in } 128\,000$$

ومن المعادلة المستخرجة يمكن معرفة ان ($\delta C_T$) تتناسب طرديا مع($\delta T$) وعكسيا مع A .وهكذا فإن اية زيادة في خطأ الشد او اي نقصان في مساحة المقطع العرضي سيؤدي الى زيادة طردية مباشرة في ($\delta C_T$). كذلك ، وكما سيشار اليه في البند التالي ، فإن اخطاء الشد تؤثر على تصحيح هطول الشريط.

## 4-3-1-2 الهطول SAG

عندما يعلق الشريط بين راسي القياس A وB بنفس المستوى ، ياخذ الشريط شكل الشريط المعلق في (الشكل 4-2). فإذا كانت C اوطأ نقطة في المنحني ، فهنالك ثلاث قوى تؤثر على الطول (CB) وهي الشد T في B و $T_0$ في C وكتلة قطعة الشريط (CB) حيث ان w هي كتلة الشريط لكل وحدة طول و s هو طول القوس (CB).




شكل 4-2

وهكذا يجب ان تكون (CB) في حالة توازن تحت تاثير هذه القوى الثلاث ، وعليه :

بالتحليل شاقوليا : $T \sin \theta = ws$

وبالتحليل افقيا : $T \cos \theta = T_0$

$$\therefore \tan \theta = \frac{ws}{T_0}$$

فلزيادة صغيرة في طول الشريط :

$$\frac{dx}{ds} = \cos \theta = (1 + \tan^2 \theta)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{w^2 s^2}{T_0^2}\right)^{-\frac{1}{2}} = \left(1 - \frac{w^2 s^2}{2T_0^2} \cdots\right)$$

$$\therefore x = \int \left(1 - \frac{w^2 s^2}{2T_0^2}\right) ds$$

$$= s - \frac{w^2 s^3}{6T_0^2} + K$$

عندما ($x = 0$) و($s = 0$) ، إذن($K=0$) ، وهكذا إذن : $x = s - \frac{w^2 s^3}{6T_0^2}$

تصحيح الهطول لكامل الطول (ACB) هو$C_s$:

$$C_s = 2(s - x) = 2\left(\frac{w^2 s^3}{6T_0^2}\right)$$

ولكن ($s = L/2$) :

$$\therefore C_s = \frac{w^2 L^3}{24T_0^2} = \frac{w^2 L^3}{24T^2} \text{ for small values of } \theta \text{ لقيم صغيرة من} \quad \ldots(4\text{-}2)$$

اي ان: $T \cos \theta \approx T \approx T_0$

حيث ان :

w يساوي كتلة الشريط لكل وحدة طول (KG/M)

و T يساوي كتلة الاجهاد (KG)

و L يساوي الطول المسجل (M)

و C يساوي التصحيح (M)

. لاحظ جيدا : في (المعادلة 2-4) يجب ملاحظة جعل T و w بوحدات متوافقة، وهكذا يمكن ان تبقى T بالكيلوغرامات.

ولما كان ($w = W/L$) ، حيث ان W هي الكتلة الكلية للشريط ، فبالتعويض في (المعادلة 2-4) ينتج:

$$C_s = \frac{W^2 L}{24T^2} \qquad \ldots(5\text{-}2)$$

فمع ان هذه المعادلة هي صحيحة ، لكن تصحيح الهطول يتناسب تناسبا طرديا مع مكعب طول الشريط .

تطبق (المعادلتان 2-4 و 2-5) على الاشرطة التي تم تعييرها على سطح مستوي فقط ، وهما سالبتان دائما . اما عند تعيير الشريط بوضعه المعلق ، اي عندما يسجل المسافة الافقية بوضعه المعلق ، عند ذلك ، لا داعي لاجراء تصحيح شرط ان يكون الشد المفروض ، والمكن ، $T_A$ ، مساويا للشد المعياري $T_S$ . اما اذا كان $T_A$ قد تجاوز $T_S$ عند ذلك يكون من الضروري اجراء تصحيح هطول للشريط عن الزيادة في الشد ($T_A - T_S$)، وعليه :

$$C_s = \frac{w^2 L^3}{24}\left(\frac{1}{T_A^2} - \frac{1}{T_S^2}\right) \qquad \ldots(6\text{-}2)$$

في هذه الحالة سيكون التصحيح موجبا تبعا للقاعدة الاساسية ، كذلك يمكن ايجاد مقدار الهطول y كما يلي :

$$\frac{dy}{ds} = \sin\theta \approx \tan\theta = \frac{ws}{T_0} \quad \text{(عندما تكون } \theta \text{ صغيرة)}$$

$$\therefore\ y = \int \frac{ws}{T_0}\, ds = \frac{ws^2}{2T_0}$$

عندما يكون للهطول y اكبر قيمة(في وسط الشريط)فإن:

$$s = \frac{L}{2} \quad , \quad y = \frac{wL^2}{8T} \qquad \ldots(7\text{-}2)$$

وهكذا فإن (المعادلة 2-7) تسمح بايجاد قيمة w من القياس الحقلي للهطول ، اي :

$$w = \frac{8Ty}{L^2}$$

والتي بالتعويض في (المعادلة 2-4) تعطي:

$$C_s = -\frac{8y^2}{3L} \qquad \ldots(8\text{-}2)$$

إن (المعادلة 2-8) تعطي تصحيح الهطول من قياس الهطول y ، وهي لا تعتمد على قيمة w و T . ويمكن الحصول على تأثير الخطأ الناجم عن الشد من إجراء التفاضل على (المعادلة 2-4) وكما يلي :

$$\delta C_s = -\left(\frac{2L^3 w^2}{24T^3}\right)\delta T$$

وبفرض($\delta T$=0.5KGF) و(w=0.03KGF/M) و(T=10KGF) و(L=30M) :

$$\delta C_s = -\left(\frac{2 \times 30^3 \times 0.03^2 \times 0.5}{24 \times 10^3}\right) = 1 \text{ in } 30\,000$$

... ركب هذا الخطأ مع خطأ الشد (صحيفة 87)، كما يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار الاخطاء في ايجاد وزن الشريط ومساحة مقطعه العرضي.

5-3-1-2 الميل SLOPE

إذا كان الفرق بالارتفاع بين رأسي القياس h والمسافة المائلة L والمسافة الافقية D ، فمن نظرية فيثاغورس :

$$D = (L^2 - h^2)^{\frac{1}{2}}$$ ...(A9-2)

قبل شيوع استعمال حاسبات الجيب كان الاسلوب التالي هو المتبع عموما وذلك بسبب العناء في ايجاد الجذور التربيعية :

$$\therefore\ D = (L^2 = h^2)^{\frac{1}{2}} = L\left(1 - \frac{h^2}{L^2}\right)^{\frac{1}{2}} = L\left(1 - \frac{h^2}{2L^2} - \frac{h^4}{8L^4}\right)$$

إذن تصحيح الميل ($C_h$) يكون :

$$C_h = D - L = -\left(\frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3}\right)$$ ...(B9-2)

وقد هجر استخدام نظرية فيثاغورس (المعادلة A9-2)بسبب الخطأ الصغير الذي قد ينشأ عن استخدام حدين فقط من مفكوك المعادلة أعلاه على الخطوط الطويلة المقاسة بالاجهزة الالكترومغناطيسية (EDM).

ولاجل البحث في الاخطاء الناجمة عن قياس h : (الخطأ يتناسب طرديا مع h)

$$\delta C_h = \frac{h\delta h}{L}$$

فإذا كانت(L=30M.)و(h =0.500M.)و(δh =0.002M.)فإن :

$$\delta C_h = \frac{0.500 \times 0.002}{30} = 1 \text{ in } 900\,000$$

6-3-1-2 الارتفاع ALTITUDE

إذا كان المطلوب ربط المسوحات بالمشبك الوطني(NG) NATIONAL GRID يجب تحويل المسافات الى مسافات بمستوى الاسناد العام لتلك المنظومة وهي متوسط مستوى سطح البحر(MSL). او يمكن ، في حالة كون طبيعة المشروع الهندسي محلية ، تحويل المسافات الى مسافات بمستوى متوسط منسوب المنطقة.والفائدة من ذلك هي ان المسافات التي تثبت على الارض تكون مساوية للمسافات المحتسبة من الاحداثيات عند متوسط مستوى الاسناد ، من دون خطأ يذكر.

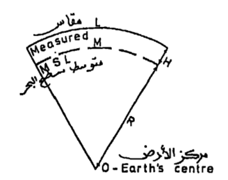
خذ (الشكل 2-5) الذي قيست فيه المسافة L في مستوى واقع على ارتفاع مقداره H فوق متوسط مستوى سطح البحر فمن تشابه المثلثات:

$$M = \frac{R}{R+H} \times L$$

إذن يكون التصحيح $C_M$:

$$C_M = L - M = L - \frac{RL}{R+H}$$

$$= L\left(1 - \frac{R}{R+H}\right) = \frac{LH}{R+H}$$




شكل 2-5

حيث ان H صغيرة جدا بحيث انها تهمل مقارنة مع R في المقام ، وهكذا :

$$C_M = \frac{LH}{R}$$ ...(2-10)

التصحيح هو سالب(-VE) للاعمال السطحية، ولكنه قد يكون موجبا للانفاق او لاعمال المناجم تحت متوسط مستوى سطح البحر. وبإجراء التفاضل على(المعادلة 2-10) يتضح بأن الخطأ في $C_M$ يتناسب طرديا مع الخطأ في H.

## 2-1-3-7 معامل المقياس (SCALE FACTOR (SF

إن هذا التصحيح هو مطلوب فقط عندما يرتبط المسح بالمشبك الوطني ، عندها يجب تحويل كافة المسافات المقاسة على الارض الى مسافات بمستوى متوسط سطح البحر ومن ثم تضرب بمعامل المقياس (SF) لتلك المنطقة لاجل تحويلها الى مسافات تشبيكية GRID DISTANCES على "الاسقاط الميركاتوري العرضي-TRANSVERSE MERACTOR PRO JECTION (انظر (الفقرة 2-12)). وتقسم المسافات التشبيكية على معامل المقياس (SF) لتعطي المسافات بمستوى متوسط سطح البحر. اما المعادلة التقريبية لمعامل المقياس فهي معطاة في (الفقرة 2-14).

## 2-2 قياس المسافة الكترومغناطيسيا

لقد حلت في الواقع قياسات المسافة بالمعدات الالكترومغناطيسية محل طريقة قياس خطوط القاعدة باستخدام اشرطة القياس الحديدية او التي من معدن الانفار. فقد ادى ظهور اجهزة قياس المسافة الالكترونية الى حدوث ثورة في كافة طرق اعمال المساحة والذي نتج عنه تغييرا في التأكيد وفي التقنية، بحقيقة إمكانية قياس المسافة الان بسرعة وبدرجة عالية من الضبط بغض النظر عن ظروف الموقع، وكأمثلة على الاعمال التي يمكن ان تنجز بهذه التقنية؛

(A)الادخال السهل لعدد اكبر من خطوط القاعدة في اعمال التثليث بقياس الزوايا لاجل السيطرة الاكبر على خطأ المقياس (SF).

(B)استخدام اعمال التثليث بقياس الاضلاعTRILATERATION والتي فيها تقاس كافة اضلاع الشبكة.
(C)تركيب اعمال التثليث بقياس الزوايا مع التثليث بقياس الاضلاع مما ينتج ما يسمى التثليث بقياس الزوايا والاضلاعTRIANGULATERATION التي تعطي شبكات قوية جدا.
(D)التضليع على نطاق مساحة اكبر وبسيطرة اكبر على تغلغل الاخطاء ERRORS SWING.
(E)اعمال تسقيط المنشآت والسيطرة على اعمال المسح التصويري من خلال الاحداثيات القطبية من موقع واحد.
(F)تثبيت المواقع المائية بتقنيات خاصة كمنظومة التلوروميتر المائية TELLUROMETER HYDRODIST SYSTEM.
(G)التثليث بقياس الاضلاع ثلاثي الابعادTHREEDIMENTIONAL من الارض الى الجو بمعدات خاصة مثل منظومة التلوروميتر الهوائية TELLUROMETER AERODIST SYSTEM.

لم تعد تقنية قياس المسافة الالكترومغناطيسية(EDM) تقنيات عمل جديدة فحسب، لكنها رفعت ايضا من درجة ضبط القياس الطوليLINEAR MEASUREMENTوالذي يعادل الان ادق اشكال القياسات الزاوية.فمثلا،يعطي جهاز كيرن ميكومتر درجة ضبط مقدارها $(\pm(0.2MM, +3 \cdot 10^{-6}D))$ لمسافة D تصل الى حد 2.5 كم.

وقد ادت التطويرات الاخيرة في الاجهزة الدقيقة الى دمج المزواة ذات الارقام الالكترونية بمعدات قياس المسافة الالكترومغناطيسية وبذلك تقديم جهاز واحد يدعى "المحطة الكلية "TOTAL STATON وهذا الجهاز قادر على إنجاز معظم مهام اعمال المساحة والتسقيط باقتصاد في العمالة وفي الوقت وبسرعة ودرجة ضبط معتمدة ، إضافة الى توفير خزين من المعلوماتDATA BANK.فبإمكان وحدات التسجيل التلقائية لهذه الاجهزة تحويل كافة المعلومات- بضمنها تشخيص النقطةPOINT IDENTIFICATION - على شريط مثقب او مغناطيسي او على حافظة معلومات الكترونية قابلة للادخال في المايكروكومبيوترات او الكومبيوترات الكبيرة MIAN FRAME ، والكومبيوترات بدورها يمكن ان تربط بأجهزة رسم للانتاج التلقائي للخرائط .

## 2 - 2 - 1 تصنيف معدات اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية

تقع المعدات المستخدمة في الوقت الحاضر ضمن ثلاثة اصناف عريضة للمديات التشغيلية :
(A)ذات المدى القصير: وهي اجهزة الكتروبصرية-ELECTRO-OPTICAL تستخدم إضاءة متغيرة السعة ، إما بيضاء او تحت الحمراء، لقياس المسافات التي تصل الى حد 5 كم.

(B)ذات المدى المتوسط: بموجة مايكروية MICROWAVE او الكتروبصرية وبمديات تصل الى 25 كم.

(C) اجهزة بموجة مذياع RADIO WAVE: طويلة المدى قادرة على قياس مسافات تصل الى 100 كم وتزيد.

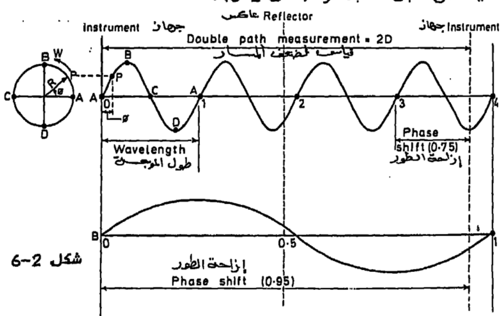
يهتم المهندس عموما بالاجهزة ذات المديات القصيرة فقط والتي تكون سهلة الاستخدام وتعطي المسافات المائلة المقاسة بشكل رقمي، وهذا هو اهم ناتج اساسي تعطيه هذه الاجهزة وهو عام بالنسبة لكافة الاجهزة المتوفرة واسعة التنوع. وهنالك تحسينات إضافية في بعض الاجهزة كإعطاء المسافات الافقية والشاقولية من خلال تحسسها لزاوية الميل وتطبيق تصحيحات خاصة على المسافات المائلة.

## 2-2-2 قاعدة القياس

ولو ان هنالك تنوع واسع في الاجهزة المتوفرة، لكن مبدأ التشغيل الاساس هو واحد. حيث تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية من الجهاز الى العاكس RETRO REFLEC-TOR الذي يعيدها فورا الى الجهاز المرسل. فالجهاز يقيس الوقت الذي تستغرقه هذه الموجات في قطع هذا الطريق ذهابا وايابا، ومن ثم يتم استخراج المسافة "المائلة" بين الجهاز والعاكس من المعادلة:

D(المسافة) = V(السرعة) × t(الزمن)

مع ذلك، ولما كانت سرعة الضوء C (في الفضاء) تساوي (299.792.5 + 0.4 KM/S) و t هي صغيرة جدا، فبديهي عندما (D=1 KM) تكون t مساوية $6\times10^{-6}$ ثانية، ولتجزئة D الى مسافات طول الواحدة منها مليمتر واحد يتطلب الامر القياس بفترة من الزمن مقدارها $6\times10^{-12}$ ثانية، ولجعل ذلك ممكنا يتم إتباع تقنية تسمى "قياس الطور PHASE-MEASUREMENT" التي يتم فيها قياس مقدار اختلاف طور الموجة المنعكسة عن الموجة المرسلة عندما تستلم ثانية من قبل الجهاز (شكل 2-6).




شكل 2-6

يمكن ترجمة اية ظاهرة دورية منتظمة التذبذب بين قيم كبرى وصغرى الى الحركة التوافقية البسيطة SIMPLE HARMONIC MOTION . فبالرجوع الى (الشكل 2-6) ؛ إذا تحركت P في دائرة بسرعة زاوية منتظمة مقدارها W ، فمتجه نصف القطر R يصنع زاوية طور PHASE ANGLE مع المحور السيني X-AXIS مقدارها $\phi$ . وترسم قيم y حيث ( $y = R\sin\phi$ ) مقابل $\phi$ في مخطط بياني معطية موجة الجيب SINE WAVE المبينة في الشكل. فعندما ($\phi = \pi/2$) تكون النقطة المرسومة في B وعندما ($\phi = \pi$) تكون النقطة المرسومة في C وعندما ($\phi = 1.5\pi$) تكون النقطة المرسومة في D وعندما ($\phi = 2\pi$) تعود النقطة المرسومة الى موقعها فيA مكملة بذلك طول موجة واحدة($\lambda$). والوقت اللازم الذي تستغرقه الموجة لكي تكمل دورة كاملة يسمى "فترة PERIOD" الذبذبة وتمثل بـ T من الثوان. وهكذا لما كانت R تتحرك بسرعة زاوية منتظمة يمكن استخدام زاوية الطور $\phi$ لقياس الزمن او اي جزء من الزمن، ويسمى عدد الدورات بالثانية التي يدورها نصف القطر بالتردد FREQUENCY (f) وهذا التردد يرتبط بطول الموجة من خلال المعادلة ؛

$$V = f\lambda \qquad \ldots(11\text{-}2)$$

حيث ان $\lambda$ هي طول الموجة بالمتر و f هو تردد الطاقة بالهيرتز و V هي سرعة الطاقة الكهرومغناطيسية بالمتر على الثانية( M/S ).

يرمز لسرعة الطاقة الكهرومغناطيسية "في الفراغ" بـ C كما وأن ($V=C/\eta$) حيث ان $\eta$ هي معامل الانكسار الجوي.

بالرجوع الى (الشكل 2-6) يمكن رؤية أن المسافة المقاسة من الجهاز الى العاكس ثم رجوعا الى الجهاز هي (2D) حيث ؛

$$2D = N\lambda + \delta\lambda \qquad \ldots(12\text{-}2)$$

حيث ان N هو عدد صحيح من اطوال الموجة $\lambda$ و($\delta\lambda$) هو جزء من طول الموجة مقداره($(\phi/2\pi)\lambda$).

تقوم اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) بقياس جزء من طول الموجة فقط وهي لا تقيس عدد اطوال الموجات، وهذا يتم الحصول عليه ببث طاقة ذات تردد اوطأ وطول موجة اكبر. فمثلا في (الشكل 2-6)؛ باستخدام $\lambda_A$ فإن طول المسار المضاعف هو 3.75 بقدر طول الموجة، ولكن سيسجل الجهاز - ببساطة - قياس زاوية الطور او إزاحة الطور البالغة 0.75 اي سيسجل الفرق بالطور بين الموجات المرسلة والمعكوسة العائدة.

فإذا قيست المسافة الان باستخدام $\lambda_B$ والتي هي اربعة اضعاف $\lambda_A$ فإن الطور سيساوي 0.95، وحيث ان العلاقة بين A وB هي معروفة فإن (0.95x4=3.8) وهذا يعطي العدد الكامل من اطوال الموجة ويساوي 3. إن طول الموجة الاصغر يعطي دقة قياس اكبر للجزء المتبقي من المسافة،

وهكذا فالمسافة الكلية تساوي: $= 3 + 0.75 = 3.75\lambda_A$
فبمعرفة قيمة $\lambda_A$ بوحدات الطول يتم معرفة المسافة. هذا إذن هو المبدأ الاساس في القياس بالاجهزة الالكترومغناطيسية ويسمى "مقارنة الطور PHASE COMPARISON"
ويمكن التعبير عنه من (المعادلة 2-12) كما يلي:

$$D = N(\lambda/2) + \frac{\phi}{2\pi}(\lambda/2) \quad \ldots(13\text{-}2)$$

من هذا يتضح بأنه يمكن اعتبار $(\lambda/2)$ بأنها وحدة القياس الاساسية.

يفترض الشرح اعلاه بأن $\lambda$ هي ثابتة ومعروفة ، ولكن الامر في معظم الاجهزة الالكترومغناطيسية (باستثناء كيرن ميكوميتر 3000) هو ليس كذلك ، والمعروف هو التردد $f$ فقط. مع ذلك فإنه يرتبط بـ $\lambda$ كما يلي :

يعرف معامل إنكسار المجموعة $(\eta_g)$ GROUP REFRACTIVE INDEX للمحيط الذي تمر من خلاله حزمة القياس بأنه النسبة بين سرعة الطاقة الالكترومغناطيسية في الفراغ (C) الى سرعتها في المحيط V ، اي : $n_g = C/V$
ولما كانت ( $V = f\lambda$ ) ، إذن ( $\lambda = C/fn_g$ ) ، وعليه :

$$\lambda/2 = C/2fn_g \quad \ldots(14\text{-}2)$$

والتعويض في (المعادلة 2-13) يعطي معادلة قياس المسافة :

$$D = N\frac{C}{2fn_g} + \frac{\phi}{2\pi}\frac{C}{2fn_g} + k \quad \ldots(15\text{-}2)$$

حيث ان $k$ تساوي ثابتي الجهاز والموشور.

فثابت الجهاز هو الفرق بين مركز الجهاز كما هو مرتكز شاقوليا فوق محطة المسح ومركز قياسه الذي يقع في موقع آخر من الجهاز. أما ثابت الموشور فهي المسافة الاضافية التي تقطعها الحزمة داخل الموشور بطريق رجوعها الى المرسل. وكلا هذين الثابتين يصححان تلقائيا في عملية القياس. مع ذلك، ففي الاعمال الدقيقة او عند استخدام موشور لا معياري NON-STANDARD يتوجب ايجاد قيمة هذين الثابتين مختبريا .

(المعادلة 2-15) توضح اهمية معامل إنكسار المجموعة في عملية القياس وهكذا تدعو الحاجة الى اخذ قراءات بيئية لدرجة الحرارة وللضغط الجوي لاجل تحقيق قياسات مضبوطة للمسافات.

## 2-2-3 استخراج الاطوال بالاجهزة الالكترومغناطيسية

بإمكان اجهزة الـ(EDM) قياس المسافات المائلة، اي من الجهاز الى الموشور ، والتي يجب ان تحول الى المسافة الافقية المقابلة لها او ربما الى مشبكها المساوي لها عند مستوى سطح البحر. أما التصحيحات فهي:

(1) التاثيرات الجوية
تتأثر سرعة الموجات الالكترومغناطيسية بالظروف الجوية التي تمر من خلالها في عملية القياس . وهكذا من (المعادلة 2-11)؛ عند ثبات التردد f فإن طول الموجة λ سيتغير طرديا مع V ، وعليه فإن المسافة المسجلة بالجهاز ستتطلب تصحيحا . اي ان : $V = C / n_g$

عمليا ، يستحيل الحصول على معامل إنكسار المجموعة $n_g$ لمحيط (اي جو) مسار حزمة القياس . وعليه يجري تقدير له مبني على قياسات درجة الحرارة والضغط عند كل من الجهاز والموشور (أما الرطوبة فهي ليست معنوية في حالة اجهزة الموجات الضوئية) . بعد ذلك ، يؤخذ التصحيح بأجزاء من المليون PARTS PER MILLION(PPM) من المسافة المقاسة من مخطط بياني يكون مرفق بالجهاز . ويمكن ان يتم التصحيح الجوي في بعض الحالات داخل الجهاز فتصحح الاطوال المقاسة من قبل الجهاز تلقائيا .

(2) تصحيح الميل
بالنسبة للاطوال المتضمنة في الاعمال الهندسية عموما ، يجري تحويل الطول المائل المصحح عن التاثيرات الجوية الى الطول الافقي بطريقة فيثاغورس او بواسطة جيب تمام الزاوية الشاقولية ، ولاجل الحصول على درجة ضبط عالية يجب تصحيح زاوية الارتفاع عن تاثيري تحدب الارض والانكسار - راجع (الفقرة 2-8) .

في بعض الحالات تقوم الاجهزة بتصحيح زاوية الارتفاع وتعطي المسافات الافقية والشاقولية تلقائيا ، ولو ان الزاوية الشاقولية لا تصحح دائما عن تحدب الارض وعن الانكسار ، ولكن عندما يتطلب الامر اتخاذ اعلى درجات الضبط فيجب اخذ هذه الحقائق بنظر الاعتبار .

(3) تصحيح الارتفاع
عندما يعطى مستوى إسناد واحد لاعمال المسح كمتوسط مستوى سطح البحر او متوسط مستوى سطح الموقع فيطبق تصحيح الارتفاع (معادلة 2-10) كما في (الفقرة 2-1-3) .

(4) معامل المقياس المحلي LOCAL SCALE FACTOR (LSF)
في حالة ربط المسوحات بالمشبك الوطني، يجب ضرب الاطوال الافقية عند متوسط مستوى سطح البحر بمعامل المقياس المحلي - راجع (الفقرة 2-14) .

إن التصحيحات المذكورة اعلاه عموما هي كل ما تتطلبه اغلبية الاطوال الداخلة في اعمال المسوحات الهندسية . أما بالنسبة للاطوال التي تزيد على 10 كم فيمكن ان يستدعي الامر إتباع الطريقة التالية؛

(5) تصحيح الوتر/القوس
لما كانت المسافة تقاس (شكل 2-7) بخط طويل واحد D ، فالتحويل الى متوسط مستوى سطح البحر يعطي المسافة

الوترية K والتي من ثم يجب ان تحول الى ما يعادلها من المسافة الكروية S. فباستخدام قانون جيب التمام للمثلث(ABE):

$$\cos\phi = \frac{(R+H_2)^2+(R+H_1)^2-D^2}{2(R+H_2)(R+H_1)}$$

ولكن :

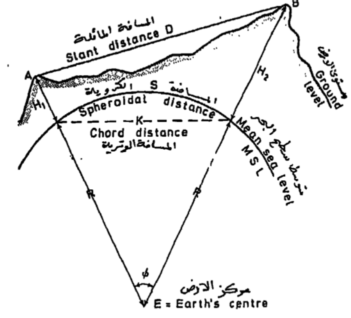
$$\cos\phi = 1-2\sin^2(\phi/2), \qquad \sin(\phi/2)=K/2R$$

$$\therefore\ 1-\left(\frac{K^2}{2R^2}\right) = \frac{(R+H_2)^2+(R+H_1)^2-D^2}{2(R+H_2)(R+H_1)}$$

والتي منها :

$$K = R\left[\frac{\{D-(H_2-H_1)\}\{D+(H_2-H_1)\}}{(R+H_1)(R+H_2)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

فإذا تم تعويض h - والتي تمثل الفرق بالمنسوب $(H_2-H_1)$ بين A وB - في المعادلة ينتج :




شكل 2-7

$$K = \left[\frac{(D-h)(D+h)}{\left(1+\left[\frac{H_1}{R}\right]\right)\left(1+\left[\frac{H_2}{R}\right]\right)}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots(16-2)$$

والان:

$$\sin^{-1}\theta = \theta + \frac{\theta^3}{3!} + \frac{9\theta^5}{5!}$$

ثم:

$$\frac{\phi}{2} = \frac{S}{2R} = \sin^{-1}\frac{K}{2R}$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{K}{2R}\right) = \frac{K}{2R} + \frac{K^3}{8R^3\times 3!} + \frac{9K^5}{32R^5\times 5!}$$ (لزاوية صغيرة من $\phi$)

$$\therefore\ \frac{S}{2R} = \frac{K}{2R} + \frac{K^3}{48R^3} + \frac{K^5}{3840R^5}$$

$$\therefore\ S = K + \left(\frac{K^3}{24R^2}\right)$$ ...(17-2) ( حيث ان باقي الحدود قد أهملت )

ويمكن جعل (المعادلة 2-17) اكثر تطورا ، بأخذ بنظر الاعتبار حقيقة ان الموجات الالكترومغناطيسية تنتقل بمسار منحني بنصف قطر اكبر من نصف قطر الكرة الارضية. فقد ارتوئ بأن يكون نصف قطر مسار موجات المذياع الذي يجب ان يستخدم في المعادلة(4R/3) معطيا :

$$S = K + \left(\frac{K^3}{43R^2}\right) \quad ...(18-2)$$

وللموجات الضوئية:

$$S = K + \left(\frac{K^3}{38R^2}\right) \quad ...(19-2)$$

يعتمد الرقم 38 للموجات الضوئية على معامل الانكسار في وقت القياس - أنظر (الفقرة 2-8-3). وتكون تصحيحات الوتر/القوس للخطوط التي يقل طولها عن عشر كيلومترات اقل من مليلمتر واحد.
ويمكن ان يتم التحويل اعلاه ايضا ، كما يلي :

(A)حوّل D الى المسافة الافقية $D_1$ باستخدام نظرية فيثاغورس.
(B)حوّل $D_1$ الى K عند متوسط مستوى سطح البحر باستخدام (المعادلة 2-10) حيث :

$$H = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

وهذا هو الان طول الوتر K.
(C)اضف تصحيح الوتر/القطر الى K ، اي ($K^3/24R^2$) ، والذي يتم تطويره عن الانحناء حسبما هو ضروري معطيًا S.

## 2-2-4 مصادر الخطأ

يمكن تقسيم مصادر الخطأ في قياس المسافة الالكترومغناطيسية الى ثلاثة اصناف رئيسية، وهي :

(1)اخطاء الصفر ZERO ERRORS : او الاخطاء التي لاتعتمد على المسافة المقاسة.
(2)الاخطاء الدورية CYCLIC ERRORS : او الاخطاء التي تتغير بشكل دوري مع المسافة المقاسة.
(3)اخطاء المقياس SCALE ERRORS : او الاخطاء التي تتناسب مع المسافة المقاسة.

وهذه بدورها يمكن تقسيمها الى اخطاء ذات علاقة بالجهاز واُخرى ليست ذات علاقة بالجهاز.

يشير تمحيص معادلة القياس الاساسية 2-15 الى ان مصادر الخطأ الاساسية هي:
(A)تردد الموجة MODULATION FREQUENCY($f$)
(B)معامل انكسار المجموعة GROUP REFRACTIVE INDEX($n_g$)
(C)قياس زاوية الطور MEASUREMENT OF PHASE ANGLE($\theta$)
(D)ثابت الجمع ADDITIVE CONSTANT($k$)

حيث ان (A) و(B) تؤلفان المصدرين الرئيسيين لاخطاء المقياس التي لها علاقة بالجهاز والتي ليست لها علاقة بالجهاز على التوالي ، أما (C) فهي المصدر الرئيس للخطأ الدوري الذي له علاقة بالجهاز و (D) هي السبب الرئيس لخطأ الصفر.

هنالك مصادر أخرى للخطأ والتي تؤثر على درجة ضبط القياس النهائية ، وهذه تشمل اخطاء تمركز الجهاز واخطاء التسديد واخطاء في المعلومات الحقلية الاضافية اللازمة لتحويل الطول المائل للمقاس الى طوله الافقي النهائي على الخارطة.
وغالبا ما يكتب الخطأ المعياري ($\sigma_D$) للمسافة المقاسة D بجهاز الكترومغناطيسي كالتالي:

$$\pm\sigma_D = \pm[A^2 + B^2]^{\frac{1}{2}}$$

حيث انA يساوي خطأ الصفر للجهاز
وB يساوي الخطأ المتناسب للجهاز باجزاء من المليون من المسافة المقاسة.

ومعدل القيمة لمعظم اجهزة الـ (EDM) ذات المديات القصيرة هو ((±(5 MM.+5 PPM) ، مع ذلك ، إذا أريد تحويل المسافة المائلة الى أفقية على المشبك الوطني مثلا ، فقيمة الخطأ المعياري الاصح ستكون:

$$\pm\sigma_D = \pm[A^2 + B^2 + E^2 + F^2 + G^2]^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان :E هي الاخطاء بسبب التحويل من الوضع المائل
F هو الخطأ بسبب التحويل الى متوسط مستوى سطح البحر
G هو الخطأ بسبب التحويل الى المشبك الوطني بتطبيق معامل المقياس المحلي(LSF).

وهكذا فمن الضروري اختبار كافة مصادر الخطأ ،ليس فقط للاستخدام الامثل للجهاز فحسب ، وإنما للوزن الصحيح CORRECT WEIGHING للمسافات فيما يخص الزوايا في عملية تعديل الشبكات.

## 1-4-2-2 التردد الموجي (f) MODULATION FREQUENC

فكما أشير اليه سابقا ، بأن التردد f يتناسب طرديا مع طول الموجةλ، وهكذا فالخطأ في التردد الموجي يؤدي الى خطأ يتناسب معه بالمسافة المقاسة. ويتم تعيين التردد الموجي بواسطة متذبذب من بلورات الكوارتزالذي يضمن بقاء التردد مستقرا ضمن حدود المقدار (± 5 PPM) على مدى درجة حرارة تشغيلية من (-20°C) الى (+50°C). ولو، يمكن ان يتغير التردد الموجي عن متوسط قيمته بسبب التضبيط المعملي غير الصحيح وبسبب قدم البلورات وعدم استقرار درجة الحرارة. فالتضبيط المعملي للتردد يجب ان يكون ضمن المدى ($\pm1\times10^{-6}$) من متوسط قيمته. كما

وأن قدم البلورات يسبب اخطاء بالتردد بحدود ($1\times10^{-6}$) لكل سنة تتناقص تدريجيا وبمرور الزمن(هودج1975).ولما كان لمعظم الاجهزة بلورات تعمل بدرجة حرارة الجو فإن هذه الاجهزة تدعي عدم وجود تأخير بسبب ارتفاع درجة الحرارة. مع ذلك ، فقد بينت الفحوصات(هودج1975) بأنه يجب ان يسمح بفترة للتسخين إذا أريد عدم حدوث اخطاء في الاعمال الدقيقة.

الطريقة المقترحة لايجاد معامل المقياس(SF) لجهاز ما هي بقياس التردد الموجي مباشرة باستخدام عداد الكتروني للتردد يستقبل إحدى الترددات المعيارية مثل درواتويج DROITWICH (إشارة الاستدعاء(MSF)) بتردد 200 كيلوهيرتز والتي تبث بشكل مستمر.

الحالة البديلة هي مقارنة الجهاز بآخر ذي تردد موجي يعرف بأنه مضبوط. والطريقة هي بقياس خطي قاعدة احدهما طويل والاخر قصير (كـ 1.5كم و 100م) بكلا الجهازين وبنفس الوقت ، فالفرق بالطول المقاس للخط القصير يعين الفرق في ثابت الصفر لكلا الجهازين ، ويتم تصحيح الخطوط الطويلة بموجب ذلك. فأي فرق متبقي سينسب الى التردد الموجي. ويجب اتخاذ الحيطة لجعل ارتفاعات الاجهزة متساوية ، وهكذا يتم تكرار العملية عددا من المرات لضمان الحصول على قيمة وسطية دقيقة. ولما كانت التأثيرات على القياسات مشتركة لكلا الجهازين فإنه من غير الضروري اخذها بنظر الاعتبار. أما تصحيح خطأ التردد فهو:

$$= \frac{(\text{التردد الفعلي})-(\text{التردد الاسمي})}{(\text{التردد الاسمي})} \times 10 \text{ PPM} \quad \ldots(9-2)$$

فإذا حدث شك بأن هنالك اخطاء تردد في الجهاز ، يجب إعادته الى المصنع للتعديل.

## 2-4-2-2 معامل الانكسار( $n_g$ ) REFRACTIVE INDEX

يعبر عن النسبة بين سرعة الضوء "في الفراغ" وسرعته في الجو بمعامل الانكسار الجوي n ، وهذه القيمة هي ثابتة تعتمد اساسا على درجة الحرارة في الجو وعلى الضغط الجوي ،وغالبا ما يعبر عنها بالمقدار($1+10^{-6}N$).

إنه لمن سوء الحظ ان تعتمد الاجهزة المختلفة قيما مختلفة لـ N. فمثلا ، يؤدي التردد الموجي المختار لجهاز التلرومبتر(CD6)الى قياس مباشر صحيح للمسافة عندما N تساوي 274 اي (n =1.000 274) وهذه القيمة هي للظروف الطبيعية عند متوسط مستوى سطح البحر في بلدان المنطقة المعتدلة لضغط جوي مقداره 1013 مليبار (mb) ودرجة حرارة جو مقدارها(20°C). مع ذلك ففي جهاز ويلد (DI10) تستخدم القيمة 282 لـ N. وتكون كذا اعتبارات مهمة عند كتابة برنامج كومبيوتر لاستخراج المسافة الكترومغناطيسيا ، وايضا عند استخدام المخططات

البيانية المرفقة مع الاجهزة. فمثلا يكون تصحيح المخطط البياني لجهاز الـ(DI10)تحت ضغط جوي مقداره 760 ملم زئبق ودرجة حرارة(20°C)مقداره(+8mm)بينما يكون تصحيح جهاز الـ(CD6) صفرا. وهكذا ، لا يمكن تعميم استخدام المخططات البيانية المرفقة مع الاجهزة.

يعطي معامل الانكسار في الجو الخالي من الرطوبة عند درجة حرارة وضغط معياريين. اي(0°C) و(760 Hg) من معادلة العالمين باريل وسبرز(1939) والتي استخدمت من قبل جمعية الجيودوسي العالمية(IAG) سنة1963. وخلاصة القول هو ان المعادلة تستخدم للمديات المرئية فقط ، وهي لا تصحح عن تأثيرات الانتشار DISPERSION.

فعندما ($\lambda = 0.90\mu m$) تكون ($n_g = 1.000\ 293\ 7$) بينما
عندما ($\lambda = 0.93\mu m$) تكون ($n_g = 1.000\ 293\ 3$)

يتناسب معامل الانكسار في الجو الجاف طرديا مع الضغط البارومتري وعكسيا مع درجة الحرارة المطلقة. اما تأثير بخار الماء على اجهزة الموجات الضوئية فيهمل عموما. ومن المصادر الثلاثة المحتملة للخطأ فإن لدرجة الحرارة التأثير الاكبر، فزيادة في($n_g$) مقدارها جزء واحد من المليون مثلا وبالتالي تغيير في المسافة المقاسة مقداره جزء واحد من المليون ينتج عن تغيير مقداره( $-1^{\circ}C$)في درجة الحرارة و(+3.4mb) بالضغط الجوي و(-26mb)بضغط بخار الماء (هودجز1980).

تؤخذ التصحيحات الجوية عموما من مخططات بيانيةاو جداول او مساطر منزلقة SLIDE RULES خاصة بمعامل الانكسار. مع ذلك إذا طلب درجة عالية من الضبط يجب احتساب التصحيح ابتداء بالمبادئ الاولية. اعتياديا، يذكر المصنعون المعادلة المستخدمة في إنشاء المخطط البياني والتي هي اصلا معادلة تقريبية مستندة الى متوسط قيمة الرطوبة. فلقد اثبت(كارل1975)بأن استخدام معادلة او مخطط بياني يعطي خطأ مقداره 0.7 جزء من المليون بالمقارنة مع الحسابات المبتدئة بالمبادئ الاولية.هذه الحقيقة هي ايضا معنوية في تلك الاجهزة التي تسمح باختيار معامل الانكسار من على لوحة مثبتة على الجهاز.

لقد اشير في اعلاه الى اهمية التصحيح عن العوامل الجوية، وهو بوضوح يعتمد على درجة الضبط التي يمكن الحصول عليها لدرجة الحرارة والضغط على امتداد خط القياس. فيفترض عموما بأن متوسط قراءات القياسات المأخوذة عند كل من الجهاز والعاكس تمثل متوسط ظروف القياس على امتداد مسار الموجة. ويشير (هودجز 1975) الى ان الخطأ باستخدام الفرضية اعلاه على امتداد خط اختبار طوله 3كم كان (+2°C) و (-2mmHg) ، كذلك بَيَّنَ التعبير المختبري للبارومترات بأن هنالك خطأ إضافي مقداره( -4mm Hg) منتجا خطأ مركبا مقداره 12ملم لـ3كم.

وهكذا إذا أريد إبقاء هذا الخطأ بأقل قيمة فإنه يجب تعيير المحارير والبارومترات المستخدمة باعتناء قبل وبعد القياس. في الوقت الحاضر لا يوجد حل سهل لهذه المسألة الصعبة المتمثلة في تقدير الظروف التي يتم بها القياس على امتداد المسار الفعلي لخطوط القياس. وعليه ففي حالة الرغبة بتقليل الخطأ الناتج عن هذا المصدر فإنه يجب إتباع الخطوات التالية:

(A) يجب اخذ درجة الحرارة والضغط عند كل من نهايتي الخط المقاس.
(B) يجب اخذ القياس في A اعلاه بأعلى ارتفاع ممكن(3م في الاقل فوق الارض)لتحاشي تأثيرات الاشعاع الارضي ،ولكي تعكس ظروف قياس وسط الخط بشكل صحيح.
(C) يجب توافق القياسات اعلاه مع قياسات المسافة بالاجهزة الالكترومغناطيسية.
(D) يجب اخذ القراءات البيئية لوسط الخط إن امكن.
(E) يجب ان تكون المحارير والبارومترات من احسن الانواع وأن تكون معيرة باعتناء ازاء معيار معتمد قبل وبعد الاستخدام.
(F) يجب تجنب الخطوط الملامسة للارض.

هنالك تأثير آخر للانكسار وهو تأثير إنحناء حزمة القياس، وهذا يهمل في مسوحات الاعمال الهندسية- حوالي 3ملم في 20 كم (هودجز 1980) - وسوف لن يؤخذ بنظر الاعتبار مستقبلا.

3-4-2-2 خطأ قياس الطور (Φ)

فكما سبق ذكره ، إن قياس الفرق بالطور بين الموجات المرسلة والمستلمة يمكن من تعيين الجزء من طول الموجة. وهكذا فالاخطاء في قياس فرق الطور سوف تعطي اخطاء بالمسافة المقاسة.وتكون اخطاءالطور دورية CYCLIC وهي لا تتناسب مع المسافة المقاسة ، ويمكن ان تعتمد على الجهاز او لا تعتمد عليه.

إن سبب اخطاء الطور التي لا تعتمد على الجهاز هي إشارات زائفة من اجسام عاكسة مضاءة بحزمة قياس،وعادة تكون الاشارة المرجعة بالعاكس قوية بحيث تتغلب تماما على هذه الاجسام العاكسة الزائفة. مع ذلك يجب اخذ الحيطة والحذر عند استخدام عاكسات العربات او الضوء المسلط في اعمال المديات القصيرة.

إن السبب الرئيس لخطأ الطور هو الجهاز ، وينتج الخطأ عادة عن مصدرين محتملين اثنين ، ففي الحالة الاولى عندما ينحرف متحسس الطور عن الاستقامةLINEARITY ضمن قيمة طور معينة،فالخطأ الناتج سيتكرر كلما وردت المسافة في ذلك الطور. وباستثناء القصور في العمل ، فإن لشاشة الطور درجة ضبط معتمدة،وعليه فإن اكبر خطأ من هذا المصدر يجب ان لا يزيد على ملمترين او ثلاثة. أما مصدر الخطأ الاهم (الاكثر معنوية) للطور

فهو ينشأ عن الكلام السلكي العرضي او عن ازدواج زائف بين قناتي الارسال والاستلام ، وهذا يؤدي الى خطأ يتغير بموجب معادلة الجيوب SINUSOIDALLY مع المسافة ويتناسب عكسيا مع قوة الاشارة.

يمكن ايجاد الاخطاء الدورية في قياس الطور من خلال مشاهدات لسلسلة من المواقع الموزعة على طول موجة كاملة، فقضيب او(سكة) مقسم بدقة الى اجزاء طولها 10م سوف يغطي متطلبات اغلب الاجهزة ذات المديات القصيرة ، ووجود مايكرومتر على القضيب قادر على إزاحات مضبوطة جدا للعاكس(بحدود(±0.1)ملم على مدى 20سم)سوف يمكّن من فحص اي جزء من منحنى الخطأ بإمعان اكثر.

يجب ان يكون منحنى الخطأ-المرسوم كدالة للمسافة- مناسبا لكل من طرفي الاشارة القوية والضعيفة جدا، ومن ثم يمكن استخدامه لتطبيق التصحيحات على المسافة المقاسة.فاعلى خطأ لمعظم الاجهزة ذات المديات القصيرة سوف لن يزيد على (±5) ملمتر.

## 4-4-2-2 ثابت الجمع ADDITIVE CONSTNAT (k)

إن ثابت الجمع يساوي إزاحة المركز البصري عن المركز الفيزياوي لكل من الجهاز والموشور. ويتكون خطأ الصفر من متغيرات في ثابت الجمع وهو لا يتناسب مع المسافة. كما وأن درجة الضبط التي يدعيها اي جهاز الكتروني(EDM)لا يمكن ان تكون افضل من تلك درجة الضبط التي يعرف بها ثابت الجمع. إن مصادر خطأ الصفر التي لا يكون الجهاز سببا لها هي تمركز الجهاز والعاكس فوق محطات المسح ثم التوجيه غير الصحيح للجهاز. فإذا تم التمركز بحذر وجرى التحقق منه من خلال عملية القياس لتجنب الازاحة DRIFT الناتجة عن هطول الركيزة فإن هذا الخطأ العشوائي يجب ان لا يزيد على (±1)ملم. أما خطأ التوجيه فينتج عن انفراج حزمة القياس الذي يؤدي الى ان يكون قطر الحزمة اكبر من العاكس ، وكنتيجة لذلك فإن العاكس سيستلم جزءا من الطاقة المرسلة فقط وهذا الجزء المعين من الطاقة يعتمد على توجيه الجهاز ومن خواص الصمام المشع للضوء هو إحداث تأخر قليل بالزمن بين الشعاعات المنبعثة من مناطق مختلفة من حزمة القياس ، وعليه فإن ثابت الجمع سيعتمد ، الى حد ما - على الاستقامة المضبوطة للجهاز نسبة الى العاكس . اكثر الاحتمال هو ان هذا الخطأ يحدث على مسافات تقل عن 50 م . ولا يمكن استخدام المنظار في التوجيه مادامت نقطة التوجيه البصرية لاتنطبق مع اعلى إشارة عائدة ، فمع ذلك وطالما يجب تخفيض الاشارة لمنع التحميل الاضافي فإنه يمكن التوجيه باستخدام مقياس عارض الاشارة SIGNAL MONITOR METER.

إن اخطاء الاجهزة ذات العلاقة بالتمركز والتوجيه هي عبارة عن اختلاف ميكانيكي للاستقامة واختلاف في استقامة المنظار. فسبب الاختلاف الميكانيكي بالاستقامة

هو ان الجهاز لا يدور حول محور شاقولي صحيح عندما يكون موزونا بشكل صحيح ، واختلاف استقامة المنظار بالطبع تسبب اخطاء في التوجيه ومن ثم في الصفر لاسباب سبق ذكرها.

بالاضافة للاخطاء النظامية المذكورة بالتفصيل سابقا فإن هنالك اخطاء عشوائية موزعة طبيعيا سببها حدوث ضوضاء كهربائية في المنظومة،وحيث ان هذا الخطأ يتناسب عكسيا مع قوة الاشارة فإن الخطأ سيكون صغيرا في الاشارات القوية،ويمكن ان يكون جدا معنويا في الاشارات الضعيفة. ويمكن تقليل هذا الخطأ باستخدام اكبر عدد من العاكسات لتقوية الاشارة حيثما يكون ذلك ضروريا،او بأخذ معدل القراءات n وبذلك تقليل للخطأ بنسبة ($n^{1/2}$).

واخيرا يمكن ان ينشأ خطأ بحدود بضع ملليمترات في الاشارات القوية جدا. ولمعظم الاجهزة وسائل لتقليل الفتحة البصريةAPERTURE لتجنب هذا المصدر من الخطأ.

يمكن ايجاد ثابت الجمع باستخدام ثلاث نقاط A وB وC على استقامة واحدة وقياس المسافات (AB) و(BC) و(AC). فإذا كان D هو الطول المقاس و L هو الطول الحقيقي ، عليه :

$$D_{AB} = L_{AB} + k$$
$$D_{BC} = L_{BC} + k$$
$$D_{AC} = L_{AB} + L_{BC} + k$$

والتي عند الحل تعطي:

$$D_{AB} + D_{BC} - D_{AC} = k \quad ...(22-2)$$

ويتم الحصول على دقة اكبر بقياس مقاطع متعددة اكثر ; ($d_1$ و$d_2$ و... $d_n$) والطول الكلي D معطيا :

$$k = D - \sum_{i=1}^{n} d_i/(n-1) \quad ...(23-2)$$

وهنالك طريقة اكثر مطولة وهي بقياس كافة تركيبات الاطوال (سكوبندنر 1972) ثم التعديل بطريقة المربعات الصغرى للحصول على القيم الاكثر احتمالا لـ (k).

ويجب تعيين ثابت الجمع دائما لجهاز قياس وعاكس مترافقين.

5-4-2-2 قياس زوايا الارتفاع

إن الاخطاء المذكورة اعلاه تخص الطول المائل للخط. ولكن لما كانت المسافة الافقية هي المسافة المطلوبة في النهاية، لذا يجب معرفة الاخطاء الناجمة في عملية تحويل الطول من مائل الى افقي.
إن اكثر احتمال لطرق التحويل الى الحالة الافقية هو من خلال زاوية الارتفاع ($\theta$) . ويكون التصحيح الملائم(c)مساويا($L - L\cos\theta$) حيث ان L هو الطول المائل المصحح. فمن هذه المعادلة :

$\delta c/\delta\theta = L \sin\theta$
$\delta\theta'' = \delta c \times 206\,265/L \sin\theta$ ...‹24-2›

فلـ(L=1000M) و(θ=5°45′) و(δc=1 MM) تكون(δθ=2.06")، والتي تعني بأنه تحت ظروف معينة يتطلب الامر قياس زوايا الارتفاع باعتناء تام. وبذلك يكون استخدام مزواة تقرأ ثانية واحدة ضروريا. وإذا يقبل خطأ معياري مقداره (4.5"±) الى (6"±) في زاوية الارتفاع لرصدة على الوجهين DOUBLE FACE OBSERVATION يكون من الضروري اخذ رصدتين على الوجهين في الاقل. وهنالك امثلة إضافية تفرض نفس المسافة المقاسة لـ(θ=1°) و(δθ=11.8") ولـ(θ=20°) و(δθ=0.6"). فقياس زوايا الارتفاع هو إذن حرج جدا ويجب اخذ كافة مصادر الخطأ بنظر الاعتبار بضمنها التصحيحات عن تحدب الارض وعن الانكسار- راجع الفقرة 2-8-3›.

فإذا تم تحويل المسافة من مائلة الى افقية باستخدام فرق الارتفاع(h) المصدري القياس، فإن اول حد من التصحيح يمكن ان يستخدم لتحليل مماثل، اي:

$c = h^2/2L$
$\delta c/\delta h = h/L$ ...‹25-2›

وهكذا، فبالنسبة لـ(L=1000 M)، إن ما يقابل(θ=5°45′) هو(h=100M) وما يقابل (δC=1MM) هو (δh=10MM) كالسابق. وكان بالامكان الحصول على هذه الدرجة من الضبط بالتسوية الاعتيادية. وكأمثلة إضافية، هي لـ:(h=1M) و(δh=1MM) ثم لـ(h=10M) و(δh=0.1M) ممايشير الى زيادة مباشرة في الدقة بازدياد الارتفاع. وهكذا يمكن رؤية ان الحصول على فروقات الارتفاع ليس هو حرجا كالحصول على زوايا الارتفاع. إن ما يجب ملاحظته هو؛ في الوقت الذي تستخدم فيه($h^2/2L$)في تحليل الخطأ فإنه يجب استخدام قاعدة فيثاغورس لتحويل الطول المائل الى الافقي.

يمكن تصنيف الاخطاء في قياس زاوية الارتفاع على انها إما ان تكون بسبب الجهاز او ان لا تكون بسبب الجهاز، فالاخطاء التي سببها الجهاز هي موثقة بشكل جيد وقد تمت تغطيتها في الجزء الاول (سكوفيلد ـ شعبان 1986). اما السبب الرئيس للاخطاء التي لايكون الجهاز سببا لها فهو صعوبة تقدير تأثير الانكسار على الزاوية المقاسة. يكون تأثير اخطاء التوسيط مهملا، فخطأ التمركز المركب للجهاز والهدف الذي مقداره (±50MM) يعطي خطأ مقداره(1"±) في زاوية الارتفاع مقدارها (5°) لمسافة طولها 1000متر(كرل CURL1975). وبنفس الطريقة، ففي قياس الزوايا المتبادلة يكون قياس ارتفاع كل من الجهاز والهدف ضروريا لاجل الحصول على التبادل الحقيقي، وخطأ مقداره(±5MM)في اي من هذين الارتفاعين سينتج خطأ مقداره (1"±) تحت الظروف المذكورة اعلاه.

بسبب صعوبة الحصول على نموذج حقيقي للظروف الجوية

التي يمر من خلالها خط النظر فإنه يشك فيما إذا يمكن تحقيق درجة الضبط العالية المطلوبة لزوايا الارتفاع وعليه يكون من المعقول ان يفترض بأن درجة الضبط ستنخفض في تحويل المسافة المائلة المقاسة الى المسافة الافقية. وهذا الانخفاض بدرجة الضبط سوف يقل كثيرا إذا استخدمت المناسيب بدلا من زوايا الارتفاع. هذا ، ولما كان استخدام زوايا الارتفاع اسرع واسهل واكثر اقتصاديا ، لذا يجب اتخاذ اقصى الحذر في قياساتها. ويجب قياس الزوايا الآنية المتبادلة اينما كان ذلك ممكنا. ومما يجب اخذه بنظر الاعتبار هو ان الاجهزة التي تعطي المسافات الافقية من المسافات المائلة تلقائيا إنما تفعل هذا باستخدام زوايا الارتفاع التي لم تصحح عن الانكسار بتاتا او التي تصحح عن الانكسار باستخدام قيمة معيارية لمعامل الانكسار والتي قد تختلف كثيرا عن القيمة الفعلية وقت القياس.

6-4-2-2 التحويل الى مستوى إسقاط المشبك الوطني

هنالك عدد من الشبكات الهندسية التي ترتبط بالمشبك الوطني لمصلحة المساحة ORDINANCE SURVEY NAT-IONAL GRID ، وتتضمن عملية الربط هذه تحويل الاطوال الافقية للشبكة الى متوسط مستوى سطح البحر (MSL) ومن ثم الى مستوى الاسقاط باستخدام معامل مقياس محلي (LSF) LOCAL SCALE FACTOR. ويتم التحويل الى (MSL) باستخدام:

$$C_M = \frac{LH}{R} \qquad \ldots(10-2)$$

حيث أن: $C_M$ هو تصحيح الارتفاع.
و H هو متوسط ارتفاع الخط فوق (MSL) او ارتفاع محطة القياس فوق (MSL).
و R هو متوسط نصف قطر الكرة الارضية ويساوي $6.38 \times 10^6$ متر.

وإجراء التفاضل على (المعادلة 2-10) يعطي:

$$\delta C = L\delta H/R \qquad \ldots(26-2)$$

ولـ (L=1000M) و (δC=±1MM) يكون (δH=±6.38M). فحيث أن روافد التسوية التثليثية لمصلحة المساحة مضمونة بحدود (±10MM) ، وحيث إن عملية التسوية هي ذات درجة ضبط اكثر مما تقارن بهذه . فإن الاخطاء التي تنجم عن هذا المصدر يمكن ان تهمل.

يؤدي تحويل المسافة الافقية الى منسوب متوسط سطح البحر الى إعطاء المسافة الوترية CHORD DISTANCE وليس القوس او المسافة الكروية. مع ذلك فإن تصحيح الوتر/القوس يكون مهملا لمسافات تقل عن العشرة كيلومترات وعليه فسوف لن يبحث فيه اكثر من هذا.

لأجل تحويل المسافات الكروية الى مسافات تشبيكية، من الضروري احتساب معامل المقياس المحلي وضرب

المسافة الكروية به. إن معامل المقياس المحلي يتغير من نقطة الى أخرى ، وفي اسوأ الاحوال عندما يتغير من احد اضلاع 10 كم مربعة الى الضلع الاخر بمقدار 6 اجزاء من 100 000 تقريبا (مصلحة المساحة البريطانية 1950) ، وهكذا يكون الخطأ في وسط المربع مساويا 1 الى 30 000 تقريبا .

للبحث في تفاصيل معاملات المقياس واستخراجها وتطبيقاتها ، راجع (الفقرة 2-14).

سوف تستخدم الان المعادلة التقريبية التالية لمعاملات المقياس لتحليل الخطأ ، اي :

$$F = F_0\{1 + (E_m^2/2R^2)\}$$ ...(2-27)

حيث أن Em: هي تشريق المشبك الوطني لنقطة وسط الخط ناقصا 000 000 4 متر.

و $F_0$ هو معامل المقياس عند خط الزوال الوسطي ويساوي 27 601 0.999.

و R هو متوسط نصف قطر الكرة الارضية ويساوي $6.38 \times 10^6$ متر .

وهكذا يكون تصحيح معامل المقياس C :

$$C = LF_0\{1 + (E_m^2/2R^2)\} - L$$

ثم :

$$\delta C/\delta E_m = LF_0(E_m/R^2)$$ ...(2-28)

وهكذا لـ(L=1000M) و (δC=±1MM) و (Em=120KM) تكون (δEm=±333M). وهكذا تكون درجة ضبط تقدير الموقع على المشبك الوطني (NG) ليست حرجة.

وبإجراء التفاضل الآن نسبة الى R :

$$\delta C/\delta R = LF_0E_m^2/R^3$$ ...(2-29)

ولنفس المعاليم اعلاه تكون (δR=±18 KM). أما قيمة R البالغة $6.38 \times 10^6$متر فهي القيمة الوسطية لكامل الكرة الارضية وهي مضبوطة الى حد 10كم تقريبا بين خطي العرض 30° و60° ، بينما تكون قيمة R البالغة 6362 كم هي اكثر واقعية لتحت خط عرض 30°.

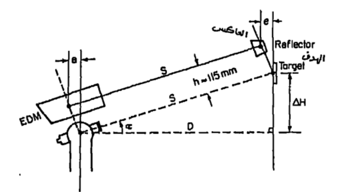
وعليه إذن يمكن رؤية ان التحويل الى متوسط مستوى سطح البحر(MSL) ومن ثم الى مستوى المشبك الوطني سوف يكون له تأثيرا مهملا على المسافة الافقية النهائية.

2-2-4-7 اخطاء التمركز ( الازاحة )

يمكن أن تنشأ هذه الاخطاء من الكيفية التي يوضع فيها جهاز قياس المسافة الالكترومغناطيسي على المزواة ومن نوع الموشور المستخدم.

(1) خذ جهاز قياس مسافة الكترومغناطيسي مركب على

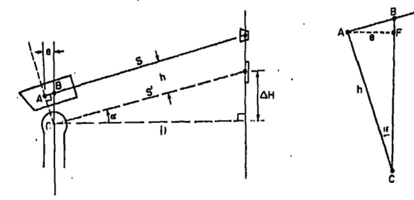
منظار ، حيث يستخدم معه عاكس متحرك يرتفع بمقدار (h) فوق الهدف وهو نفس ارتفاع مركز جهاز الـ(EDM) فوق المحور البصري للمنظار (شكل 2-8)، ففي هذه الحالة




شكل 2-8

تكون المسافة المقاسة S مساوية الى المسافة بين مركز المزواة والهدف، أما الازاحة e فتحذف نفسها عند الجهاز والعاكس. وهكذا يتم الحصول على D و(ΔH) بالطريقة الاعتيادية وبدون تصحيح آخر.

(2) خذ الان حالة جهاز الـ(EDM) المركب على منظار ولكن العاكس غير متحرك كما مبين في (الشكل 2-9) ، فستكون المسافة المائلة S اكبر من S´ بمقدار الطول(AB):




شكل 2-9

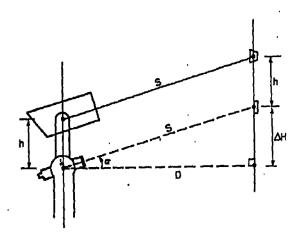
$$AB = h \tan \alpha.$$

فإذا كانت α سالبة ستكون S اصغر من S´ بمقدار ( $h \tan \alpha$. ). وهكذا إذا استخدمت S في تحويل المسافة الى افقية فإن D ستكون اطول مما يجب بمقدار ( $AF = h \sin \alpha$ ) عندما تكون α موجبة ، واقصر مما يجب بنفس المقدار عندما تكون α سالبة.

فإذا فرضنا قيمة تقريبية لـ (h =115 MM) فإن الخطأ في D سيساوي 10 ملم عندما ( α=5° ) ويساوي 20ملم عندما ( α=10° )،.... وهكذا فإنه يساوي 58 ملم عندما ( α=30° ) . أما الاخطاء في (ΔH) لزوايا الارتفاع اعلاه فهي 1 ملم و 14 ملم و 33 ملم على التوالي.

(3) عادة ، تستخدم اجهزة الـ(EDM) المركبة على اجهزة المزواة مع عاكسات غير متحركة (شكل 2-10)،فكما اشير اليه سابقا ، لايوجد خطأ إزاحة لان مركز القياس في وحدة الـ(EDM) ينطبق على محور الميل، اما إذا استخدم مع عاكس متحرك فسيكون هنالك خطأ إزاحة ( $e = h \tan \alpha$ ) على المسافات المائلة كما في المثال السابق، مع ذلك،وحيث ان في هذه الحالة الان، الموشور هو متحرك فإن المسافة المائلة ستكون اصغر مما يجب عندما تكون $\alpha$ موجبة والعكس صحيح.

(4) إذا استخدم جهاز(EDM) محمول على منظار مع عاكس مركزه هو نفس مركز الهدف (شكل 2-11) فسينتج عن ذلك خطأ إزاحة ، لان زاوية الارتفاع المقاسة $\alpha$ ليست هي الزاوية للمسافة المقاسة S.




شكل 2-10

في المثلث(ABC) :

$$h/\sin \theta = S/\sin(90^\circ - \alpha)$$

$$\therefore \ \sin \theta = h \cos \alpha / S$$

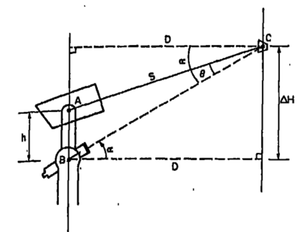
وهكذا بعد الحصول على قيمة لـ$\theta$،تستخرج قيمة المسافة الافقية D من :

$$D = S \cos(\alpha - \theta)$$ (عندما تكون $\alpha$ موجبة) ...(A30-2)

اما لزاوية الانخفاض ، اي عندما تكون $\alpha$ سالبة:

$$D = S \cos(\alpha + \theta)$$ ...(B30-2)

(5) عندما يكون محور وحدة الـ(EDM)منطبقا على المحور البصري للمنظار والرصدات هي مباشرة الى مركز العاكس، فسوف لن تكون هنالك تصحيحات إزاحة.




شكل 2-11

## امثلة محلولة

مثال 2-3: قيس خط قاعدة بالشريط معلقا اربع مرات معطيا 30.126 م و29.973 م و30.066 م و22.536 م وكانت الفروقات بالمناسيب 0.45 م و 0.60 م و0.30 م و0.45 م على التوالي ، وكانت درجة الحرارة في وقت القياس (10°C) وكتلة الاجهاد 15 كغم ، علما بأنه كان قد جرى تعيير الشريط وكان 30 م عند درجة حرارة (20°C) على المستوي بكتلة إجهاد مقدارها 5 كغم ، وكان معامل التمدد الحراري 0.000 011 لكل درجة حرارة مئوية واحدة وكانت كتلة الشريط 1كغم ومساحة مقطعه 3 ملم مربع. ثم ان معامل المرونة (E=210KN/MM او $210 \times 10^3$ نيوتن على المليمتر المربع والتعجيل الارضي ($g$ =9.806 65 M/S²).

(A) اكتب كل معادلة تستخدمها واحسب طول خط القاعدة.
(B) ما هو مقدار الشد الذي كان يجب ان يعطى لحذف تصحيح الهطول ؟ (جامعة لندن)

الحل

(A) لما كان الشد الحقلي ودرجة الحرارة ثابتتين خلال عملية القياس ، فيمكن تطبيق التصحيحات الثلاث الاولى على كامل طول خط القاعدة ، اي (L=112.701M).

الشد:

$$C_T = \frac{L\Delta_T}{AE} = \frac{112.701 \times 10 \times 9.806\,65}{3 \times 210 \times 10^2} = \qquad +0.0176$$

درجة الحرارة:

$$C_t = LK\Delta t = 112.701 \times 0.000\,011 \times 10 = \qquad -0.0124$$

الهطول:

$$C_s = \frac{LW^2}{24T^2} = \frac{112.701 \times 1^2}{24 \times 15^2} = \qquad -0.0210$$

الميل:

$$C_h = \frac{h^2}{2L} = \frac{1}{2 \times 30}(0.45^2 + 0.60^2 + 0.30^2) + \frac{0.45^2}{2 \times 22.536} = \qquad -0.0154$$

+0.0176 −0.0488

إذن فالتصحيح الكلي يساوي: = - 0.0312

وعليه، فالطول المصحح : =112.701-0.0312=112.6708 M.

لاحظ جيدا : تم تقريب الثلاثة اطوال الى 30م في تصحيح الميل وقد أهمل الخطأ الناتج الذي هو من الدرجة الثانية.

(B) لايجاد الشد المطلوب لحذف تصحيح الهطول ، ساو المعادلتين الاثنتين:

$$\frac{\Delta T}{AE}=\frac{W^2}{24T_A^2}$$

حيث ان($\Delta T$ )هو الفرق بين الشد المعطى والشد المعياري اي( $\Delta T = T_A - T_S$ ).

$$\therefore \frac{(T_A - T_S)}{AE} = \frac{W^2}{24T_A^2}$$

$$\therefore T_A^3 - T_A^2 T_S - \frac{AEW^2}{24} = 0$$

وبالتعويض عن قيم $T_S$ وW وA وE وملاحظة تحويل وحدات TوW الى وحدات النيوتن N ، ينتج: $T_A^3 - 49T_A^2 - 2\,524\,653 = 0$

لنجعل( $T_A = T + x$ ) ينتج: $(T+x)^3 - 49(T+x)^2 - 2\,524\,653 = 0$

$$T^3\left(1+\frac{x}{T}\right)^3 - 49T^2\left(1+\frac{x}{T}\right)^2 - 2\,524\,653 = 0$$

وبفتح الاقواس حسب نظرية ذي الحدين :

$$T^3\left(1+\frac{3x}{T}\right) - 49T^2\left(1+\frac{2x}{T}\right) - 2\,524\,653 = 0$$

$$\therefore T^3 + 3T^2x - 49T^2 - 98Tx - 2\,524\,653 = 0$$

$$\therefore x = \frac{2\,524\,653 - T^3 + 49T^2}{3T^2 - 98T}$$

وبفرض( T=15 KGF =149 N) فإن(x=75N).

إذن عند اول تقريب تكون $T_A$: $T_A = (T+x) = 222$ N

مثال 2-4: كان قد قيس طول خط قاعدة بشريط معلق طوله الاسمي 30م ، ولكن ظهر بأن طوله يساوي 30.015م عندما تم تعييره وهو معلق بدرجة حرارة(20°C)تحت تأثير كتلة إجهاد 5كغم. فإذا كان متوسط منسوب خط القاعدة 30.50م فوق مستوى الاسناد(OD). اوجد طوله الحقيقي عند متوسط مستوى سطح البحر.

المعطيات: كتلة الشريط لكل وحدة طول(W): W=0.03KG/M

كثافة الحديد ($\rho$): $\rho$=7690KG/M

معامل التمدد(K): K=11 × 10⁻⁶/°C

معامل المرونة(E): E=210 × 10³ N/MM.

التعجيل الارضي(g): g=9.806 65 M/S²

نصف قطر الكرة الارضية(R): R=6.4 × 10⁶M.

(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

| الجزء | الطول المقاس (متر) | درجة الحرارة (°C) | كتلة الاجهاد (كغم) | الفرق بالمنسوب (متر) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30.050 | 21.6 | 5 | 0.750 |
| 2 | 30.064 | 21.6 | 5 | 0.345 |
| 3 | 30.095 | 24.0 | 5 | 1.420 |
| 4 | 30.047 | 24.0 | 5 | 0.400 |
| 5 | 30.041 | 24.0 | 7 | — |

التعيير

خطأ الشريط بطول 30م يساوي 0.015م
طول خط القاعدة الكلي يساوي 150.297م

إذن التصحيح:

$$= \frac{150.297}{30} \times 0.015 = \qquad +0.0752$$

درجة الحرارة:

$$C_t = 60 \times 11 \times 10^{-6} \times 1.6 = 0.0010\ \text{m} \quad \text{(للجزئين 1 و2)}$$
$$C_t = 90 \times 11 \times 10^{-6} \times 4 = 0.0040\ \text{m} \quad \text{(للاجزاء 3 و4 و5)}$$
$$+0.0050$$

يعتبر الخطأ من الدرجة الثانية مهملا عند تقريب الاجزاء الى 30م .

الشد: (بتحويل (ΔT) الى نيوتن) $C_T = \frac{L\Delta T}{AE}$ (للجزء 5 فقط)

ومساحة المقطع العرضي A للشريط: $A = \frac{w}{\rho}$

$$\therefore A = \frac{0.03}{7690} \times 10^6 = 4\ \text{mm}^2$$

$$\therefore C_T = \frac{30 \times 2 \times 9.81}{4 \times 210 \times 10^3} = \qquad +0.0007$$

الميل:

$$C_h = \frac{h^2}{2L} - \frac{1}{2 \times 30}(0.750^2 + 0.345^2 + 1.420^2 + 0.400^2) = \qquad -0.0476$$

حيث يهمل الخطأ الذي هو من الدرجة الثانية الناتج عن التقريب الى 30م في هذه الحالة ايضا . مع ذلك يجب إتخاذ الحذر عندما يكون هنالك عدة اجزاء لان تأثيرها قد يكون معنويا .

الهطول: $C_s = \frac{L^3 w^2}{24}\left(\frac{1}{T_S^2} - \frac{1}{T_A^2}\right)$ (الجزء 5 فقط)

$$= \frac{30^3 \times 0.03^2}{24}\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{7^2}\right) = \qquad +0.0006$$

الارتفاع:

$$C_M = \frac{LH}{R} = \frac{150 \times 30.5}{6.4 \times 10^6} =$$

$-0.0007$

$+0.0815 \quad -0.0483$

إذن فالتصحيح الكلي يساوي (0.0332 +) متر
وعليه فالطول المصحح: =150.297+0.0332=150.3302M.

مثال 2-5: (A)تم ايجاد قاعدة معيارية بقياس دقيق بواسطة شريط حديدي للمسافة بين علامتين ثابتتين على سطح مستوي، وكان متوسط المسافة المسجلة 24.984م عند درجة حرارة(18°C)وتحت شد مقداره 155 نيوتن، وقد كان الشريط المستخدم قد جرى تعييره وهو معلق وكان طوله 30م عند درجة حرارة(20°C)وشد100نيوتن،

اوجد الطول الحقيقي بين العلامتين الثابتتين المعطاتين ، علما بأن الكتلة الكلية للشريط 0.90كغم، ومعامل تمدد الحديد ($11 \times 10^{-6}$)لكل درجة حرارة مئوية ، ومساحة المقطع العرضي 2 مليمتر مربع ومعامل المرونة ($E=210 \times 10^3$) نيوتن على المليمتر المربع والتعجيل الارضي ($g=9.807$)متر على الثانية المربعة،

(B) أستخدم الشريط في موعد لاحق لقياس مسافة طولها 30م بالشريط معلقا ، وكان الفرق بالمنسوب بين رأسي القياس مترا واحدا بخطأ مقداره 3ملم.وقد بينت الفحوصات التي أجريت على نابض الميزان بأن للشد المفروض البالغ 100 نيوتن خطأ مقداره(2N).اهمل كافة باقي مصادر الاخطاء ، ما هو الخطأ المحتمل في المسافة المقاسة؟
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(A) إذا عير شريط قياس وهو معلق ، فعند وضعه على سطح مستوي سيكون اطول من طوله بوضعه المعلق هذا بمقدار تصحيح الهطول، وسيصبح هذا المقدار بالحقيقة هو تصحيح التعيير .

الخطأ لكل 30م:

$$= \frac{LW^2}{24T_s^2} = \frac{30 \times (0.90 \times 9.807)^2}{24 \times 100^2} = 0.0097 \text{ m}$$

إذن التصحيح:

$$= \frac{0.0097 \times 24.984}{30} = 0.0081 \text{ m}$$

عن الشد:

$$= \frac{24.984 \times 55}{2 \times 210 \times 10^3} = 0.0033 \text{ m}$$

عن درجة الحرارة:

$$= 24.984 \times 11 \times 10^{-6} \times 2 = -0.0006 \text{ m}$$

إذن التصحيح الكلي يساوي:
$= + 0.0081 + 0.0033 - 0.0006 = 0.0108M.$

إذن الطول المصحح يساوي: $= 24.984 + 0.011 = 24.995M.$

(B) تأثير خطأ التسوية ($\delta C_h$): $C_h = \frac{h^2}{2L}$

$$\therefore \delta C_h = \frac{h \times \delta h}{L} = \frac{1 \times 0.003}{30} = 0.0001 \text{ m}$$

تأثير خطأ الهطول ($\delta C_s$): $C_s = \frac{LW^2}{24T^2}$

$$\therefore \delta C_s = -\frac{LW^2}{12T^3}\delta T$$

$$\therefore \delta C_s = \frac{30 \times (0.9 \times 9.807)^2 \times 2}{12 \times 100^3} = 0.0004 \text{ m}$$

تأثير خطأ الشد ($\delta C_T$): $C_T = \frac{L\Delta T}{AE}$

$$\therefore \delta C_T = \frac{L \times \delta(\Delta T)}{A \times E} = \frac{30 \times 2}{2 \times 210 \times 10^3} = 0.0001 \text{ m}$$

إذن الخطأ الكلي يساوي:
$=0.0001+0.0004+0.0001=0.0006$ M.

مثال 2-6: جرى تعيير شريط من معدن الانفار طوله 30متر على سطح مستوي ووجد بأن طوله كان 30.0501م عند درجة حرارة (20°C) وشد (88N) ، وقد استخدم هذا الشريط وهو معلق لقياس اول جزء من خط قاعدة ، وكان متوسط الطول المسجل 30.4500م.

وباستخدام شريط حقلي وجد بأن متوسط طول نفس المسافة كان 30.4588م وكان الشد المفروض (88N) بدرجة حرارة ثابتة مقدارها (15°C) في كلتا الحالتين.وقد جرى الآن قياس بقية اجزاء خط القاعدة بالشريط معلقا وباستخدام شريط حقلي فقط ، فكان متوسط طول الجزء الثاني من خط القاعدة30.5500م بدرجة حرارة(13°C) وشد (100N). اوجد الطول الحقيقي لهذا الجزء علما بأن: مساحة مقطع الشريط تساوي ($2MM^2$) ومعامل تمدد معدن الانفار يساوي($6 \times 10^{-7}$/°C)وكتلة الشريط تساوي (0.2KG/M) والفرق بالارتفاع بين رأسي القياس يساوي 0.5م ومعدل ارتفاع منسوب خط القاعدة250م فوق مستوى الاسناد ونصف قطر الكرة الارضية يساوي$6.4 \times 10^6$م والتعجيل الارضي ($9.807M/S^2$)ومعامل يونك للمرونة($210KN/MM^2$).
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

لاجل ايجاد الطول المصحح للجزء الاول من خط القاعدة باستخدام الشريط المرجعي :

التعيير:

الخطأ لـ 30 م يساوي 0.0501 م .

إذن التصحيح لـ 30.4500م:

$+0.0508$

التصحيح عن درجة الحرارة:

$$= 30 \times 6 \times 10^{-7} \times 5 = -0.0001$$

التصحيح عن الهطول:

$$= \frac{30^3 \times (0.02 \times 9.807)^2}{24 \times 88^2} = -0.0056$$

$+0.0508 \quad -0.0057$

إذن التصحيح الكلي يساوي (+0.0451M)، وعليه فإن الطول المصحح باستخدام شريط الاسناد يساوي :

$= 30.4500 + 0.0451 = 30.4951M$

أما الشريط الحقلي المصحح عن الهطول فيقيس :

$= 30.4588 - 0.0056 = 30.4532M$

وهكذا فالشريط الحقلي يقيس طولا اقصر بمقدار :

$= 30.4951 - 30.4532 = 0.0419M$

وهو إذن اطول من شريط الاسناد بهذا المقدار . وعليه فإن طول الشريط الحقلي هو30.0419م بدرجة حرارة(15°C) وشد 88 نيوتن .

لايجاد طول الجزء الثاني من خط القاعدة:

التعيير :

الخطأ لـ 30م يساوي 0.0419م

إذن التصحيح:

$$= \frac{30.5500}{30} \times 0.0419 = +0.0427$$

التصحيح عن درجة الحرارة:

$$= 30 \times 6 \times 10^{-7} \times 2 = -0.000\,04$$

التصحيح عن الشد:

$$= \frac{30 \times 12}{2 \times 210 \times 10^3} = +0.0009$$

التصحيح عن الهطول:

$$= \frac{30^3 \times (0.02 \times 9.807)^2}{24 \times 100^2} = -0.0043$$

التصحيح عن الميل:

$$= \frac{0.500^2}{2 \times 30.5500} = -0.0041$$

التصحيح عن الارتفاع:

$$= \frac{30.5500 \times 250}{6.4 \times 10^6} = -0.0093$$

$+0.0436 \quad -0.0177$

إذن فالتصحيح الكلي يساوي :

$= +0.0259M$

وعليه فالطول المصحح للمسافة الثانية:

$= 30.5500 + 0.0259 = 30.5759M$

لاحظ جيدا :
يسمح بتقريب الطول المقاس الى 30م فقط عندما يكون تأثير الخطأ الناتج على المسافة النهائية مهملا .

مثال 2-7: تم شد خط تحويل كهربا ء نحاسي قطره 12ملم بين نقطتين بنفس المستوى المسافة بينهما 300م بقوة شد مقدارها (5KN)عندما كانت درجة الحرارة(32°C)، والمطلوب

تعيين موقع نهايتيه عند تغيير درجات الحرارة. اوجد مقدار الشد عند درجة حرارة (12°C-) والهطول في الحالتين باستخدام تصحيحات الهطول ودرجة الحرارة والمرونة التي تفرض عادة في قياسات خط القاعدة بالشريط معلقا، علما بأن معامل يونك للنحاس (70KN/MM²) وكثافته (9000KG/M³) ومعامل تمدده الطولي (17 × 10⁻⁶/°C).
(جامعة لندن)

الحل

لايجاد مقدار الهطول اولا، باستخدام (المعادلة 2-7) في الحالتين اعلاه يجب ايجاد (A) الكتلة لكل وحدة طول و (B) الطول الهاطل من السلك.

(A) الكتلة لكل وحدة طول (w):

w = (المساحة) × (الكثافة) = $\pi r^2 \rho$

$= 3.142 \times 0.006^2 \times 9000 = 1.02$ KG/M

(B) الطول الهاطل من السلك بدرجة حرارة (32°C):

$$= L_H + \left(\frac{L^3 w^2}{24T^2}\right)$$

حيث ان (L) هو نفسه الطول الهاطل، وهكذا يجب استخدام الطول 300م كأول تقريب لـ (L).

إذن الطول الهاطل:

$$= 300 + \left(\frac{300^3 \times (1.02 \times 9.807)^2}{24 \times 5000^2}\right) = 304.5 \text{ m}$$

التقريب الثاني:

$$= 300 + \left(\frac{304.5^3 \times (1.02 \times 9.807)^2}{24 \times 5000^2}\right)$$

إذن الهطول ($y_1$):

$$= 304.71 \text{ m} = L_1$$

$$= y_1 = \frac{wL_1^2}{8T} = \frac{(1.02 \times 9.807) \times 304.71^2}{8 \times 5000} = 23.22 \text{ m}$$

بدرجة حرارة (12°C-) ستنقص ($L_1$) بمقدار:

$(L_1 K \Delta t) = 304.71 \times 17 \times 10^{-6} \times 44 = 0.23M$

$\therefore L_2 = 304.71 - 0.23 = 304.48M$

من (المعادلة 2-7): ($L\ y_1 \propto L_1^2$):

$$\therefore y_2 = y_1\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 = 23.22\frac{(304.48)^2}{(304.71)^2} = 23.18 \text{ m}$$

وبنفس الطريقة: ($y_1 \propto 1/T_1$):

$$\therefore T_2 = T_1\left(\frac{y_1}{y_2}\right) = 5000\left(\frac{23.22}{23.18}\right) = 5009 \text{ N or } 5.009 \text{ kN}$$

تمارين

2-1 تم تعيير شريط قياس طوله الاسمي 30م على سطح مستوي لدى مختبر الفيزياء البريطاني الوطني ووجد بأن طوله 30.0520م عند درجة حرارة (20°C) وشد (44N). من ثم استخدم الشريط وهو معلق لقياس مسافة مرجعية فأعطى مسافة متوسطها يساوي 30.5500م عند درجة حرارة (15°C) وشد (88N) وحيث ان كتلة الشريط كانت غير معروفة فقد قيس الهطول [illegible] وسط الشريط فوجد بأنه يساوي 0.170 م .

فلإذا علمت بأن مساحة مقطع الشريط ( $2MM^2$ ) ومعامل يونك ( $200 \times 10^3 N/MM^2$ ) ومعامل التمدد ( $11.25 \times 10^{-6}/°C$ ) والفرق بالارتفاع بين راسي القياس 0.320م. اوجد الطول الافقي للمسافة. إذا كان الخطأ في قياس الهطول( $\pm 0.001$ ) متر، ما هو الخطأ الناتج في تصحيح الهطول؟وماذا يشير هذا الخطأ عن درجة الضبط التي قيس بها الهطول عند نقطة وسط الشريط ؟ (بوليتكنيك كنكزتون)

[الجواب : 30.5995م و( $1 \pm 0.000\ 03M$ )]

2-2 قيست ثلاثة اجزاء خط قاعدة بشريط حديدي وهو معلق ووجدت بأنها تساوي 30.084م و 29.973م و 25.233م تحت تأثير سحب مقداره 7كغم و 7كغم و 5كغم ودرجات حرارة (12°C) و(13°C) و(17°C) وفروقات في مناسيب الركائز 0.3م و 0.7م و 0.7م على التوالي. فلإذا كان الشريط قد عير على سطح مستوي بدرجة حرارة(15°C) وتحت تأثير قوة سحب مقدارها 45كغم ، ماهي اطوال الاجزاء الثلاثة لخط القاعدة ؟ علما بأن 30 متر من الشريط تزن 1كغم تماما وكثافة الحديد 8300 كغم/المتر المكعب بمعامل تمدد مقداره ( $0.000\ 011/°C$ ) ، كما أن معامل المرونة E يساوي ( $210 \times 10^3 N/MM$ ).

(جامعة لندن)

[الجواب: 30.057م و 29.940م و 25.194م ]

3-2 تشير التفاصيل المدرجة ادناه الى قياس اول30م من خط قاعدة. اوجد الطول الصحيح لهذا الجزء بعد تحويله الى متوسط مستوى سطح البحر.

كان الطول المسجل30.0247م بالشريط معلق تحت تأثير كتلة لإجهاد مقدارها 15كغم ودرجة حرارة معدلها(13°C)، وكان الفرق بالارتفاع بين نهايتي الشريط 0.456م وكان الموقع 500م اعلى من متوسط سطح البحر. هذا، وقد سبق وأن تم تعيير الشريط وهو معلق تحت تأثير كتلة لإجهاد مقدارها 7كغم ودرجة حرارة (16°C) فكانت المسافة بين الصفرين 30.0126م. علما بأن ( $R=6.4 \times 10^6 M$ ) وكتلة الشريط ( $0.02KG/M$ )ومساحة مقطعه( $3.6MM^2$ )كما وأن ( $E=210 \times 10^3 N/MM$ )ومعامل تمدده الحراري( $0.000\ 011/°C$ )
(جمعية الـ هندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: 30.0364م ]

4-2 ترجع المعلومات التالية الى مقطع من خط قاعدة كان قد قيس بالشريط وهو معلق :

| الجزء | الطول المقاس (متر) | متوسط درجة الحرارة (°C) | مناسيب علامات المؤشر (متر) | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30.034 | 25.2 | 293.235 | 293.610 |
| 2 | 30.109 | 25.4 | 293.610 | 294.030 |
| 3 | 30.198 | 25.1 | 294.030 | 294.498 |
| 4 | 30.075 | 25.0 | 294.498 | 294.000 |
| 5 | 30.121 | 24.8 | 294.000 | 293.355 |

وكان طول الشريط 29.9988م بين علامتي الصفر والـ 30م عندما كان في الحالة الافقية وبدرجة حرارة(20°C) وتحت تأثير كتلة إجهاد 5كغم، كما وأن مساحة المقطع العرضي للشريط ( 2.68MM) وكتلة الاجهاد المستخدمة في الحقل 10 كغم ومعامل التمدد الحراري للشريط(11.16 × 10⁻⁶/°C) ومعامل المرونة(20.4 × 10⁴N/MM²) لمادة الشريط وكتلته (0.02KG/M) ومتوسط نصف قطر الكرة الارضية(6.4 × 10⁶M). اوجد الطول المصحح لهذا المقطع من الخط.(جامعة لندن) [الجواب: 150.507م ]

## 3 – 2 تعديل الشكل بالازاحات المتساوية

## FIGURAL ADJUSTMENT BY EQUAL SHIFTS

الخطوة التالية في اعمال الحسابات هي تعديل الاشكال لجعلها صحيحة هندسيا ،والطريقة المبينة هنا هي طريقة شبه تفصيلية تسمى "الازاحات المتساوية EQUAL SHIFTS".

(1)المثلث البسيط: إن شروط تعديل المثلث المستوي هي أن مجموع زوايا الثلاث تساوي°180،وعندما تزداد اطوال الاضلاع(اكثر من حوالي 20كم) يصبح المثلث كرويا وعندها يصبح مجموع الزوايا: (الزيادة الكروية) +°180 =

حيث أن الزيادة الكروية(E"):

$$E'' = \frac{(\text{مساحة المثلث})}{R^2} \times 206\ 265 \quad \text{(للاغراض العملية)} \ldots (2-31)$$

وهنا تقول نظرية "ليجاندري LEGENDRE" بأنه إذا تطرح ثلث الزيادة الكروية من كل زاوية يمكن معاملة المثلث كأنه مثلث مستوي في إحتساب اطوال الاضلاع. مع ذلك، ففي حسابات الاحداثيات تستخدم الزوايا الكروية مرة أخرى.

(2)الشكل الرباعي متقاطع الاقطار:
شــروط التعديل (شكل 2-12)

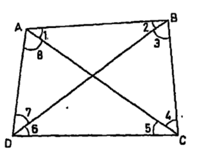
شرط الزوايا:

1+2+3+4+5+6+7+8=360°
1+2+3+4 =180°
3+4+5+6 =180°
5+6+7+8 =180°
7+8+1+2 =180°
1+2 =6+5
3+4 =7+8

شرط الاضلاع:

$\sum$LOG SIN(الزوايا الزوجية) = $\sum$LOG SIN(الزوايا الفردية)

وحيث أن كثيرا من الشروط اعلاه تعتمد على بعضها، فإنه يستخدم فقط اربعة شروط في التعديل الفعلي. أما طريقة التعديل فهي:(I)عدل الزوايا الـ8 لتساوي°360 (II)عدل الزاويتين(1+2) لتساوي (5+6)(III)عدل الزاويتين(3+4) لتساوي (7+8) (IV)شرط الاضلاع.




شكل 12-2

برهان شرط الاضــلاع :

من ‹الشكل 12-2› ، المطلوب هـو احتساب الطول (CD) من القاعدة(AB)، وهذا يمكن ان يتم عن طريق (BC) او (AD) وكما يلي :

$$\frac{AB}{\sin 4} = \frac{BC}{\sin 1} \qquad \therefore\ BC = \frac{AB \sin 1}{\sin 4}$$

والان:

$$\frac{BC}{\sin 6} = \frac{DC}{\sin 3} \qquad \therefore\ DC = \frac{BC \sin 3}{\sin 6} = \frac{AB \sin 1 \sin 3}{\sin 4 \sin 6}$$

وبنفس الطريقة عن طريق(AD):

$$DC = \frac{AB \sin 2 \sin 8}{\sin 7 \sin 5}$$

وحيث لا يمكن ان يكون اكثر من طول واحـد فقط لــ(DC) ، فبحذف (AB) ينتج :

$$\frac{\sin 1 \sin 3}{\sin 4 \sin 6} = \frac{\sin 2 \sin 8}{\sin 7 \sin 5}$$

اضرب الوسطين والطرفين ثم خذ اللوغاريثمات:

$$\log \sin 1 + \log \sin 3 + \log \sin 5 + \log \sin 7$$
$$= \log \sin 2 + \log \sin 4 + \log \sin 6 + \log \sin 8$$

وسوف يجري الان توضيح طريقة التعديل باستخدام متوسطات الزوايا المرصودة التالية في ‹الشكل 12-2›:

| رقم الزاوية | الزوايا المرصودة | | | التصحيح الاول | | | | | | | التصحيح الثاني | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° | ′ | ″ | ″ | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | ″ | ° | ′ | ″ |
| 1 | 50 | 42 | 27 | −1 | 50 | 42 | 26 | 117 | 30 | 19 | 1 | 50 | 42 | 27 |
| 2 | 66 | 47 | 54 | −1 | 66 | 47 | 53 | | | | 1 | 66 | 47 | 54 |
| 3 | 41 | 24 | 32 | −1 | 41 | 24 | 31 | 62 | 29 | 36 | 2 | 41 | 24 | 33 |
| 4 | 21 | 05 | 06 | −1 | 21 | 05 | 05 | | | | 1 | 21 | 05 | 06 |
| 5 | 74 | 13 | 36 | −1 | 74 | 13 | 35 | 117 | 30 | 23 | −1 | 74 | 13 | 34 |
| 6 | 43 | 16 | 49 | −1 | 43 | 16 | 48 | | | | −1 | 43 | 16 | 47 |
| 7 | 18 | 36 | 14 | −1 | 18 | 36 | 13 | 62 | 29 | 42 | −1 | 18 | 36 | 12 |
| 8 | 43 | 53 | 30 | −1 | 43 | 53 | 29 | | | | −2 | 43 | 53 | 27 |
| | 360 | 00 | 08 | −8 | 360 | 00 | 00 | | | | 0 | 360 | 00 | 00 |

(A)اول خطوة في طريقة التعديل هي مرئية بوضوح.
(B)الخطوة الثانية تشير الى ان الفرق بين الزاويتين (1+2)والزاويتين(5+6) هو"4.اي ان هنالك "1 لكل زاوية

التي تجمع الى الجمع الصغير وتطرح من الجمع الكبير.
(C) الخطوة الثالثة هي مطابقة لما فوق ، فقد اختير التصحيحان "2 و"1 بشكل مطلق لمنع حدوث الكسور العشرية من الثانية (التصحيح يساوي "1.5 للزاوية الواحدة).

لقد ادت الخطوات الثلاث الى زوايا مصححة تفي بأول سبعة شروط من التعديل. واصبح الان من الضروري ايجاد لوغاريثمات جيوب LOG SINS هذه الزوايا ومقارنة مجاميعها ، وهذا يمكن ان يتم بسرعة فائقة باستخدام حاسبة الجيب.

| 1 | 2 الزوايا ° ′ ″ | 3 لوغاريثم الجيب(فردية) | 4 لوغاريثم الجيب(زوجية) | 5 الفرق لـ"10 من الفوس | 6 | 7 القيم النهائية ° ′ ″ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 42 27 | $\bar{1}$.888 698 | | 0.000 017 | 1″ | 50 42 28 |
| 2 | 66 47 54 | | $\bar{1}$.963 374 | 9 | −1″ | 66 47 53 |
| 3 | 41 24 33 | $\bar{1}$.820 485 | | 24 | 1″ | 41 24 34 |
| 4 | 21 05 06 | | $\bar{1}$.556 004 | 55 | −1″ | 21 05 05 |
| 5 | 74 13 34 | $\bar{1}$.983 329 | | 6 | 1″ | 74 13 35 |
| 6 | 43 16 47 | | $\bar{1}$.836 046 | 22 | −1″ | 43 16 46 |
| 7 | 18 36 12 | $\bar{1}$.503 810 | | 62 | 1″ | 18 36 13 |
| 8 | 43 53 27 | | $\bar{1}$.840 913 | 22 | −1″ | 43 53 26 |
| | | $\bar{1}$.196 322 | $\bar{1}$.196 337 | 0.000 217 | | 360 00 00 |
| | | | $\bar{1}$.196 322 | | | |
| | | | 0.000 015 | | | |

إذن التعديل:

$$= \frac{15}{217} \times 10'' = 0.7'' \approx 1''$$

(D) يمثل العمود 5 التغييرات في لوغاريثمات جيوب الزوايا نتيجة تغيير مقداره "10 بالزاوية. ويتم استخراج هذه القيم بسهولة بزيادة قيمة الزاوية بمقدار "10 وايجاد لوغاريثم جيبها في حاسبة الجيب ، فالفرق بين قيمتي لوغاريثمي الجيبين هو الفرق الناتج عن تغيير الـ"10 في الزاوية.

تستخدم عادة الفروقات لثانية واحدة من الفوس،ولكن فروقات الـ"10 هي المستخدمة في هذه الحالة لتسهيل فهم المبادئ.

(E) يبين جمع العمودين 3 و4 فرقاً مقداره (0.000 015) الذي يجب ان يعدل. ويستخرج التصحيح الزاوي اللازم ("0.7) بتقسيم 15 على مجموع العمود 5 ، اي على 217 وكما هو مبين. وهذا يمكن ان يوضح مايلي : إذا تم تغيير كافة الزوايا بمقدار "10 يكون التغيير الكلي في لوغاريثمات الجيوب 217 0.000 ، مع ذلك

فالتغيير المطلوب هو فقط 015 0.000 والذي بواسطة النسبة يمثل تغييرا زاويا مقداره ( $\frac{15}{217} \times 10'' = 0.7''$ ).

(F) والان يتم ايجاد لوغاريثمات جيوب الزوايا المصححة بسهولة باستخدام العمودين 5 و 6 ليعطيان التصحيحات في العمودين 3 و4.

(G) إذا كانت ايـة زاوية اكبر من°90 فإن التصحيح "الموجب" للزاوية سيحتاج تصحيحا سالبا للوغاريثم جيبها ، وهكذا يجب أن يكون لقيمة الفرق في العمود 5 علامة سالبة والتي تستخدم في ايجاد مجموع هذا العمود ودائمـا .

(H) من الجدير بالملاحظة هو أن درجة ضبط الشكل التثليثي يعبر عنها بمقدار الفرق في مجموع لوغاريثمات الجيوب ، اي 015 0.000. ويمكن أن تحدث اخطاء تعويضية COMPENSATING ERRORS في الزوايا مما يؤدي الى إظهار فقل ممتاز. وكذا اخطاء ستؤدي الى الاخلال بتوازن معادلة الضلع SIDE EQUATION كثيرا .

ولو يمكن إنجاز الطريقة اعلاه على حاسبة الجيب بكل سهولة ، ولكن الطريقة التالية (سميث 1982) قد وجدت خصيصا لاستخدام حاسبة الجيب :

إن هذه الطريقة لا تستخدم اللوغاريثمات والفروقات لثانية واحدة او عشر ثواني ، وهي كما يلي :
في شرط الضلع ، افرض بأن $v$ هي التصحيح لكل زاوية ، وعليه :

$$\sin(1+v)\sin(3+v)\sin(5+v)\sin(7+v) = \sin(2+v)\sin(4+v)\sin(6+v)\sin(8+v)$$

والآن :

$$\sin(1+v) = \sin 1 \cos v + \cos 1 \sin v$$

وحيث أن $v$ هي صغيرة جدا :

$$= \sin 1 + \cos 1 v$$

$$\therefore \frac{(\sin 1 + \cos 1v)(\sin 3 + \cos 3v)(\sin 5 + \cos 5v)(\sin 7 + \cos 7v)}{(\sin 2 + \cos 2v)(\sin 4 + \cos 4v)(\sin 6 + \cos 6v)(\sin 8 + \cos 8v)} = 1$$

وبالفتح الى حد الدرجة الاولى فقط :

$$\frac{(\sin 1 \sin 3 + \sin 1 \cos 3v + \cos 1 \sin 3v)(\sin 5 \sin 7 + \sin 5 \cos 7v + \cos 5 \sin 7v)}{(\sin 2 \sin 4 + \sin 2 \cos 4v + \cos 2 \cos 4v)(\sin 6 \sin 8 + \sin 6 \cos 8v + \cos 6 \sin 8v)}$$

$$= \frac{\sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7 + \sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7v(\cot 1 + \cot 3 + \cot 5 + \cot 7)}{\sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8 + \sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8v(\cot 2 + \cot 4 + \cot 6 + \cot 8)}$$

إفرض :

$$\sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7 = A \qquad \cot 1 + \cot 3 + \cot 5 + \cot 7 = B$$
$$\sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8 = C \qquad \cot 2 + \cot 4 + \cot 6 + \cot 8 = D$$

من ثم يمكن إعادة ترتيب المفكوك اعلاه والتعبير عنه وهكـذا :

$$v'' = \frac{206\,265(A - C)}{AB + CD}$$

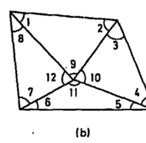
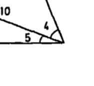
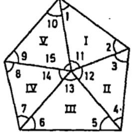
فإذا كانت $v''$ موجبة فإن ( A > C ) و $v''$ تطرح من الزوايا "الفردية" وتضاف الى الزوايا "الزوجية" . أما إذا كانت $v''$ سالبة فإن ( A < C ) و $v''$ تضاف الى الزوايا "الفردية" وتطرح من "الزوجية" .

إن كافة الارقام التي تظهر على شاشة حاسبة الجيب هي معنوية ويجب أن تدخل ضمن الحسابات .

وسيجري الان إعادة حل المثال السابق باستخدام هذه الطريقة لشرط الضلع وهو مبين في (الجدول 2-3) .

(3) "الشكل الخماسي بنقطة مركزية": إن اشكال التثليث الاساسية هي مبينة في (الشكل 2-13) .

"شروط التعديل":

(a) (b) (c)

شكل 2-13

(a) مجموع زوايا كل مثلث يساوي 180° ، اي I و II و V... في (الشكل 2-13C) .
(b) مجموع الزوايا المركزية يساوي 360° .
(c) شرط الضلع باستخدام زوايا القاعدة فقط ، اي 1 و 2 و ... و 9 و 10 في (الشكل 2-13c) .

"طريقة التعديل":

(A) عدل كل مثلث الى 180° .
(B) (I) عدل الزوايا المركزية الى 360° .
(II) كرر تعديل المثلثات الى 180° باستخدام زاويتي القاعدة فقط في كل مثلث .
(C) التعديل بشرط الضلع باستخدام زاويتي القاعدة فقط

إن الخطوتين (IB) و (II) هما بالحقيقة خطوة واحدة فقط، لان التصحيح البالغ (+10") مثلا لكل من الزوايا المركزية سيعطي تصحيحا مقداره (-5") تلقائيا لكل من زوايا قواعد المثلث . من ثم يتم تطبيق شرط الضلع بنفس الطريقة التي تم شرحها تماما باستثناء الزوايا عند النقطة المركزية في كل حالة .

جدول 3-2 : تعديل الشكل الرباعي متقاطع القطرين بطريقة الازاحات المتساوية (باستخدام حاسبة الجيب)

| رقم الزاوية Angle no. | الزاوية المرصودة Observed angle ° ′ ″ | التصحيح الاول 1st corr'n | الزاوية المصححة الاولى 1st corr'd angle ° ′ ″ | 1+2=5+6 3+4=7+8 ° ′ ″ | التصحيح الثاني 2nd corr'n | الزاوية المصححة الثانية 2nd corr'd angle ° ′ ″ | Sin odd ∠, product | Cot odd ∠, sum | Sin even ∠, product | Cot even ∠, sum | التصحيح الثالث 3rd corr'n | الزاوية المصححة النهائية Final corr'd angle ° ′ ″ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 42 27 | −1″ | 50 42 26 | 117 30 19 | +1″ | 50 42 27 | 0.773 923 × | 0.818 270 3 + | | | +1″ | 50 42 28 |
| 2 | 66 47 54 | −1″ | 66 47 53 | | +1″ | 66 47 54 | | | 0.919 124 × | 0.428 634 4 + | −1″ | 66 47 53 |
| 3 | 41 24 32 | −1″ | 41 24 31 | 62 29 36 | +2″ | 41 24 33 | 0.661 432 × | 1.133 911 5 + | | | +1″ | 41 24 34 |
| 4 | 21 05 06 | −1″ | 21 05 05 | | +1″ | 21 05 06 | | | 0.359 753 × | 2.593 582 9 + | −1″ | 21 05 05 |
| 5 | 74 13 36 | −1″ | 74 13 35 | 117 30 23 | −1″ | 74 13 34 | 0.962 342 × | 0.282 479 4 + | | | +1″ | 74 13 35 |
| 6 | 43 16 49 | −1″ | 43 16 48 | | −1″ | 43 16 47 | | | 0.685 561 × | 1.061 927 3 + | −1″ | 43 16 46 |
| 7 | 18 36 14 | −1″ | 18 36 13 | 62 29 42 | −1″ | 18 36 12 | 0.319 014 | 2.970 867 6 | | | +1″ | 18 36 13 |
| 8 | 43 53 30 | −1″ | 43 53 29 | | −2″ | 43 53 27 | | | 0.693 287 | 1.039 486 9 | −1″ | 43 53 26 |
| Σ | 360 00 08 | −8″ | 360 00 00 | | | 360 00 00 | 0.157 152 8 (A) | 5.205 528 8 (B) | 0.157 1584 (C) | 5.123 631 5 (D) | | 360 00 00 |

التصحيح الثالث :

$$= \frac{206\,265(A - C)}{AB + CD}$$

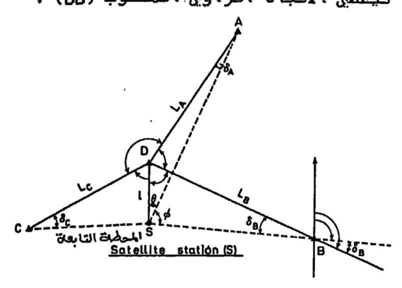
$$= 0.7'' \approx 1''$$

اذا كانت ( A > C ) ، اجمع الى الزوايا الزوجية واطرح من الزوايا الفردية ، والعكس بالعكس

## 4 – 2 المحطات التابعة ( الاقمار الصناعية )
## SATELLITE STATIONS

في (الشكل 2-14) ، المطلوب ايجاد الزوايا المقاسة الى A و B و C من نقطة D . او بطريقة أخرى ، المطلوب ايجاد الاتجاهات الزاوية (DA) و(DB) و(DC)، فإذا كانت D "محطة فوقية "UP STATION" كأن تكون برج كنيسة او برج كهرباء او منشأ مرتفع ....الخ ، وإذا كانت خطوط النظر محجوبة بحاجز طبيعي او اصطناعي ، فإنه يكون من الضروري إنشاء محطة تابعة S قريبة لتقاس منها الزوايا الى A و B و C و D . ومن ثم يجري تحويل هذه الزوايا المقاسة حول S الى الزوايا المعادلة لها حول D. ويتم توضيح هذا بأفضل صيغة كما يلي :

بفرض أن الخط (SD) هو باتجاه الشمال N، يمكن إثبات أن إتجاه (DB) الزاوي هو اكبر من الاتجاه الزاوي لـ (SB) بمقدار $\delta_B$. وهكذا تضاف $\delta_B$ الى الاتجاه الزاوي المقاس (SB) ليعطي الاتجاه الزاوي المطلوب (DB) .




شكل 2-14

فإذا كان التعامل بالزوايا مباشرة، وباعتبار أن الشكل (ABSD) هو شكل رباعي متقاطع الاقطار ، يمكن إثبات أن:

$A\hat{D}B = A\hat{S}B + \delta_B - \delta_A$ ( S تقع جنوب D)...

وعلى الطلبة الان رسم ما يلي وإثباتها لانفسهم:

$A\hat{D}B = A\hat{S}B - \delta_B - \delta_A$ ( S تقع غرب D )

$A\hat{D}B = A\hat{S}B + \delta_B + \delta_A$ ( S تقع شرق D )

$A\hat{D}B = A\hat{S}B - \delta_B + \delta_A$ ( S تقع شمال D )

وتتحدد طريقة حل السؤال الى حد كبير بالمعلومات المتوفرة، فإذا أعطيت الزاويتان من A ومن B الى D ، فإنه يمكن ايجاد قيمة تقريبية فقط لـ $(A\hat{D}B)$ من $(180° - D\hat{A}B - D\hat{B}A)$ ، ومن ثم استخدام قانون الجيوب مع الطول (AB) لايجاد $L_A$ و $L_B$، ثم بواسطة قانون الجيوب في المثلث (DAS) :

$$\delta''_A = \frac{l \sin\theta}{L_A} \times 206\,265 \qquad \cdots (32-2)$$

ولتقدير تأثير الاخطاء في الكميات المقاسة على $\delta_A$، إجر التفاضل نسبة لكل منها على التوالي:

$$\frac{\delta(\delta_A)}{\delta_A} = \frac{\delta l}{l} = \frac{\delta L}{L} = \cot\theta\,\delta\theta$$

وهذا يشير الى:

(1) أن الخطأ الجزئي في $\delta_A$ يتناسب طرديا مع الخطأ الجزئي في $l$ و L . وهكذا إذا كانت ($\delta_A = 600''+1''$) و ($l$ =10M) و(L=10KM)، فإنه يطلب قياس $l$ الى اقرب 0.017م فقط و L الى اقرب 17 متر ، اي 1 الى 600 .

(2) أن الخطأ في $\delta_A$ يتناسب مع ($\cot\theta\,\delta\theta\,\delta_A$) ، وهكذا يجب أن تكون الزاوية $\theta$ بأكبر قيمة MAX والزاوية $\delta_A$ بأصغر قيمة ، وهذا ما يجعل $l$ بأصغر قيمة . إن درجة الضبط التي يجب أن تقاس بها الزاوية $\theta$، اي $\delta\theta$، تتغير بتغير $\theta$ ، فإذا كانت $\theta$ كبيرة جدا فإن $\cot\theta$ ستكون صغيرة جدا وعندها يمكن قياس $\theta$ بدرجة ضبط اعتيادية فقط .

أما التأثير الجمعي للاخطاء المعيارية فهو :

$$\frac{\delta(\delta_A)}{\delta_A} = \pm\left\{\left(\frac{\delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\delta L}{L}\right)^2 + (\cot\theta\,\delta\theta)^2\right\}^{\frac{1}{2}}$$

## 2-5 التقاطع والتقاطع الخلفي

## INTERSECTION AND RESECTION

باستخدام هذه التقنيات يمكن ايجاد إحداثيات النقطة P بالتسديد الى ثلاث نقاط معلومة في الاقل .

### 2-5-1 التقاطع Intersection

وهذا يعني التسديد الى P من مواقع معلومة (شكل 2-15) . فباستخدام الاتجاهات الزاوية للشعاعات ، وباستخدام كل شعاعين معًا ، يتم الحصول على إحداثيات P كما يلي :

من (الشكل 2-16) ، المطلوب ايجاد إحداثيات P باستخدام الاتجاهين الزاويين $\alpha$ و$\beta$ الى P من النقطتين المعلومتين A و B ذات الاحداثيات ($E_A$ ، $N_A$) و($E_B$ ، $N_B$):

$$PL = E_P - E_A \qquad AL = N_P - N_A$$
$$PM = E_P - E_B \qquad MB = N_P - N_B$$

والان حيث أن ( $PL = AL\tan\alpha$ ) فإن:

$$E_P - E_A = (N_P - N_A)\tan\alpha \qquad (1)$$

وبنفس الطريقة ( $PM = MB\tan\beta$ ) ، وعليه :

$$E_P - E_B = (N_P - N_B)\tan\beta \qquad (2)$$

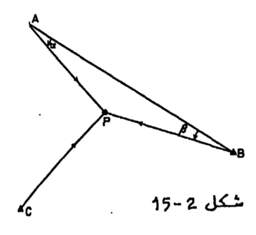
وبطرح (2) من (1) ينتج :

$$E_B - E_A = (N_P - N_A)\tan\alpha - (N_P - N_B)\tan\beta$$
$$= N_P\tan\alpha - N_A\tan\alpha - N_P\tan\beta + N_B\tan\beta$$

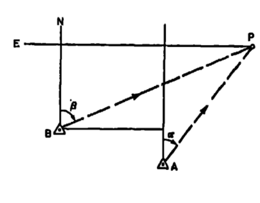
$$\therefore\ N_P(\tan\alpha - \tan\beta) = E_B - E_A + N_A\tan\alpha - N_B\tan\beta$$

وهكذا :

$$N_P = \frac{E_B - E_A + N_A\tan\alpha - N_B\tan\beta}{\tan\alpha - \tan\beta}$$ ...<A33-2>



شكل 2-15



شكل 2-16

وبنفس الطريقة :

$$N_P - N_A = (E_P - E_A)\cot\alpha$$
$$N_P - N_B = (E_P - E_B)\cot\beta$$

وبالطرح ينتج :

$$N_B - N_A = (E_P - E_A)\cot\alpha - (E_P - E_B)\cot\beta$$

وهكذا :

$$E_P = \frac{N_B - N_A + E_A\cot\alpha - E_B\cot\beta}{\cot\alpha - \cot\beta}$$ ...<B33-2>

وتحتسب إحداثيات P باستخدام <المعادلتين A33-2 و B>، وقد افترض بأن P هي دائما الى يمين(A→B)في المعادلات.

إذا استخدمت الزوايا المرصودة في P <شكل 2-15> ، تصبح المعادلتان :

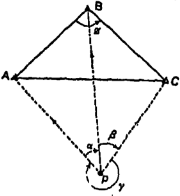
$$E_P = \frac{N_B - N_A + E_A\cot\beta + E_B\cot\alpha}{\cot\alpha + \cot\beta}$$ ...<A34-2>

$$N_P = \frac{E_A - E_B + N_A\cot\beta + N_B\cot\alpha}{\cot\alpha + \cot\beta}$$ ...<B34-2>

وتستخدم المعادلات اعلاه ايضا في الحل المباشر لاعمال التثليث بقياس الزوايا .

## 2-5-2 القاطع الخلفي Resection

وهذا يعني القياس الزاوي من P الى نقاط خارجية معلومة (شكل 2-17) .




شكل 2-17

عندما نستخدم ثلاث نقاط معلومة فقط ، تتوفر عدة طرق تحليلية مختلفة لحل P :

(A) تسمى هذه الطريقة بـ "الطريقة التحليلية ANALYTICAL METHOD" ، ومن (الشكل 2-17) :

افرض أن ( $BAP = \theta$ ) فإن : $BCP = (360° - \alpha - \beta - \phi) - \theta = S - \theta$

حيث أن $\phi$ تحتسب من إحداثيات المحطات A وB وC ، وهكذا تصبح S معلومة .

من المثلث (PAB) : (1) From $\triangle PAB$ $PB = BA \sin\theta/\sin\alpha$

من المثلث (PBC) : (2) From $\triangle PBC$ $PB = BC \sin(S-\theta)/\sin\beta$

وبمساواة (1) و(2) ينتج : (معلومة) $\dfrac{\sin(S-\theta)}{\sin\theta} = \dfrac{BA\sin\beta}{BC\sin\alpha} = Q$

وعليه :

$$(\sin S\cos\theta - \cos S\sin\theta)/\sin\theta = Q$$

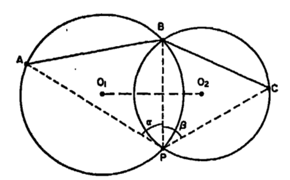
$$\sin S\cot\theta - \cos S = Q$$

$$\therefore \cot\theta = (Q + \cos S)/\sin S \qquad (3)$$

وهكذا بمعرفة $\theta$ و$(S-\theta)$ يمكن حل المثلثات لايجاد اطوال الاضلاع (AP) و(BP) و(CP) واتجاهاتها الزاوية ، وتستخرج ثلاث قيم لاحداثيات P إن تطلب الامر ذلك. وهذه الطريقة تفشل كما تفشل كافة أعمال التقاطعات الخلفية من ثلاث نقاط إذا وقعت P على محيط الدائرة المارة بالنقاط الثلاث A وB وC ، ولذلك يكون للنقطة لا نهاية من المواقع.

(B) يتم عرض هذه الطريقة لبيان مدى انفراج الطرق المتوفرة . فالنقاط A وB وC في (الشكل 2-18) هي نقاط ثابتة ذات إحداثيات معلومة ، وإحداثيات مركزي الدائرتين $O_1$ و$O_2$ هي :

$$E_1 = \tfrac{1}{2}\{E_A + E_B + (N_A - N_B)\cot\alpha\}$$
$$N_1 = \tfrac{1}{2}\{N_A + N_B - (E_A - E_B)\cot\alpha\}$$
$$E_2 = \tfrac{1}{2}\{E_B + E_C + (N_B - N_C)\cot\beta\}$$
$$N_2 = \tfrac{1}{2}\{N_B + N_C - (E_B - E_C)\cot\beta\}$$




شكل 2-18

وهكذا يستخرج الاتجاه الزاوي لـ ($O_2 \rightarrow O_1$) بالطريقة الاعتيادية ، اي :

وعليه :

$$\alpha = \tan^{-1}\{(E_2 - E_1)/(N_2 - N_1)\}$$

$$E_P = E_B + 2\{(E_B - E_1)\sin\alpha - (N_B - N_1)\cos\alpha\}\sin\alpha \quad \ldots\langle A35\text{-}2\rangle$$

$$N_P = N_B + 2\{(E_B - E_1)\sin\alpha - (N_B - N_1)\cos\alpha\}\cos\alpha \quad \ldots\langle B35\text{-}2\rangle$$

(C) اعطى الدكتور تي. إل. توماس من كلية امبيريال بجامعة لندن الحل التالي للتقاطع الخلفي من ثلاث نقاط. فمن (الشكل 2-17) :

$$E_P = E_A + \frac{ZV}{(V^2 + W^2)} \qquad N_P = N_A + \frac{ZW}{(V^2 + W^2)} \qquad \tan(\text{bg } \overrightarrow{PA}) = \frac{V}{W}$$

حيث أن:

$$V = \Delta E_1 \cot\alpha - \Delta E_2 \cot(\alpha + \beta) + (N_C - N_B)$$
$$W = \Delta N_1 \cot\alpha - \Delta N_2 \cot(\alpha + \beta) + (E_B - E_C)$$
$$X = \Delta E_1 \Delta E_2 + \Delta N_1 \Delta N_2$$
$$Y = \Delta E_1 \Delta N_2 - \Delta N_1 \Delta E_2$$
$$Z = X\cot\alpha - X\cot(\alpha + \beta) + Y + Y\cot\alpha\cot(\alpha + \beta)$$

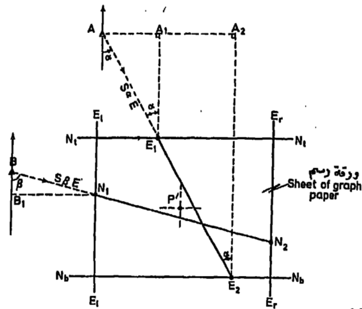
$$\Delta E_1 = E_B - E_A \qquad \Delta E_2 = E_C - E_A \qquad \Delta N_1 = N_B - N_A \qquad \Delta N_2 = N_C - N_A$$

## 2 - 5 - 3 الحل شبه التخطيطي للتقاطع الخلفي والتقاطع

عند استخدام اكثر من ثلاث نقاط يمكن اتباع الحل شبه التخطيطي، وقد اصبحت هذه الطريقة مهملة بسرعة بسبب استخدام الكومبيوتر على نطاق عالمي تقريبا . إن مبدأ التقاطع واضح في (الشكل 2-19). ولما كان من غير الممكن رسم كامل الشعاع بمقياس كبير ، ترسم المساحة التي هي حول نقطة التقاطع فقط. ولأجل تثبيت إتجاه الشعاعات تدعو الحاجة الى معرفة "نقطتي التقاطع المترافقتين DOUBLE CUTTING POINTS" $E_1$ و $E_2$ ثم $N_1$ و $N_2$.

<u>الطريقة</u>

(1) اوجد إحداثيات وقتية PROVISIONAL لنقطة التقاطع عن طريق القياس من المخطط او باستخدام شعاعين فقط في (المعادلتين A33-2 وB) . فترسم هذه القيمة P في وسط الورقة البيانية GRAPH PAPER .




شكل 2-19

(2)من قياس الرسم وحجم الورقة يصبح الآن ممكنا تعيين القيمة التشميلية لاعلى ولاسفل الورقة والقيمة التشريقية ليسارها وليمينها ، اي $N_t$ و $N_b$ و $E_l$ و $E_r$.

(3)عندما يكون الاتجاه الربعي او الاتجاه الزاوي النهائي للشعاع اقل من°45 يكون افضل قطع هو على محور الشرق-غرب اي ($E_1$ $-E_2$) ، وإذا اكثر من°45 فيتم الحصول على افضل قطع على محور الشمال-جنوب اي ($N_1$ $-N_2$).

(4)فبفرض ان α هي اقل من°45 :

$$E_1 = E_A + AA_1 = E_A + A_1E_1 \tan\alpha$$

$$\therefore\ E_1 = E_A + (N_A - N_t)\tan\alpha \qquad \ldots\langle A36\text{-}2\rangle$$

وبنفس الطريقة :

$$E_2 = E_A + (N_A - N_b)\tan\alpha \qquad \ldots\langle B36\text{-}2\rangle$$

وإذا كان الاتجاه الزاوي للشعاع غربا تكون الاشارة قبل الاقواس سالبة ، اي : $E_1 = E_A - (N_A - N_t)\tan\alpha$

وافرض بأن β هي اكبر من°45 ، عليه :

$$N_1 = N_B - BB_1 = N_B - B_1N_1 \cot\beta$$

$$\therefore\ N_1 = N_B + (E_l - E_B)\cot\beta. \qquad \ldots\langle A37\text{-}2\rangle$$

وبنفس الطريقة:

$$N_2 = N_B - (E_r - E_B)\cot\beta \qquad \ldots\langle B37\text{-}2\rangle$$

فإذا كان الاتجاه الزاوي للشعاع في هذه الحالة الشمال تكون الاشارة قبل الاقواس موجبة ، اي:

$$= N_B + (E_l - E_B)\cot\beta.$$

(5)تحتسب نقطتا التقاطع المترافقتان بهذه الطريقة لكافة الشعاعات ، والتي من ثم ترسم ويقاس متوسط نقطة تقاطعها لتعطي إحداثيات P.

(6)في حالة التقاطع الخلفي ؛ يستخرج الاتجاه الزاوي ل (PA) مثلا ، باستخدام إحداثيات A والاحداثيات الوقتية لـ P. وبجمع الزوايا المرصودة للاتجاه الزاوي (PA) تستخرج بقية الاتجاهات الزاوية. من ثم تعكس هذه الاتجاهات الزاوية وتعامل الحسابات كما في حالة التقاطع.

## 6-2 التثليث بقياس الأضلاع TRILATERATION

لقد لقي التثليث بقياس الاضلاع - الذي يعتمد اساساً على المسافات الافقية المقاسة- قبولا ،بسبب ظهور اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) ، فالاشكال الهندسية المستخدمة هي مشابهة لتلك التي تتبع في اعمال التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION، ولو انها ليست بنفس المستوى من التقييس ، ذلك بسبب السيطرة الاكبر على خطأ المقياس. وقد اعتبر- املا- بأن التثليث بقياس الاضلاع سيتفوق على التثليث بقياس الزوايا كطريقة ضبط METHOD OF CONTROL وذلك بسبب عامل خطأ المقياس. ولكن النتائج التي تمخضت اشارت الى ان المنظومة هي معرضة الى تراكم سريع لخطأ السمت AZIMUTH ERROR وبذلك فإن العملية تحتاج الى منظومة مكثفة من نقاط ضبط السمت.

إن حقيقة عدم الحاجة الى قياس زاوية افقية في اعمال التثليث بقياس الاضلاع سيظهرها اكثر سرعة، ولذلك ولاول وهلة، اكثر اقتصادية من التثليث بقياس الزوايا. مع ذلك فإن كثيرا من الامور تعتمد على طول الخط ذي العلاقة ومتطلبات درجة الضبط ACCURACY.

إن كافة اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) تقيس المسافة المائلة،وهي تحتاج إذن الى تحويل الى المسافة الافقية بمنسوب إسناد معين. وهذا لا يتطلب قياس الطول المائل فقط وإنما يتطلب ايضا قياس الاختلافات بالمنسوب لنقاط الضبط وارتفاع الجهاز ، او قياس الزوايا الشاقولية.

تُعيَّر اجهزة الـ(EDM) بموجب سرعة الموجات الالكترومغناطيسية تحت ظروف بيئية معيارية معينة. وهكذا يجب معرفة ظروف القياس البيئية الحقيقية على امتداد مسار القياس لاجل تصحيح المسافة المقاسة. وهذا ليس هو مقترح عملي في الوقت الحاضر ، ويجب الاكتفاء بقياس درجة الحرارة والضغط عند كل من نهايتي الخط الذي يجري قياسه. وللحصول على افضل نتائج ممكنة تحت هذه الظروف ، يتطلب الامر استخدام محارير وباروميترات معيرة باعتناء ومعلقة من الجهاز بأعلى ما يمكن والتي يجب ان تقرأ بنفس وقت القياس ولاجل تنفيذ هذا المطلب الاخير فإن استخدام احد انواع اجهزة الاتصال الداخلي INTER-COMUNICATION يكون ضرورياً .

كذلك فلقياس الزوايا الشاقولية نفس التحفظات. ولأجل الحصول على درجة الضبط المطلوبة، يدعو الامر الى استخدام اجهزة مزواة ذات دقة عالية ويفضل ان تكون ذات تأشير تلقائي AUTOMATIC INDEXING للدائرة الشاقولية. وكحالة نموذجية، تكون القراءات المتبادلة الآنية ضرورية. فإذا كانت الزوايا الشاقولية ممكنة فقط عند إحدى نهايتي الخط ، يجب تطبيق تصحيحات التحدب والانكسار. كذلك ، واستنادا الى متطلبات الموقع ودرجة الضبط المطلوبة يمكن ان يكون ضروريا الاخذ بنظر الاعتبار تأثير "إنحراف الشاقول DEVIATION OF THE VERTICAL" على الزوايا المقاسة.

يتضح إذن بأن التثليث بقياس الاضلاع لا يمكن ان يكون فقط اقل اقتصاديا من التثليث بقياس الزوايا ، وإنما عند أخذ مصادر الخطأ اعلاه بنظر الاعتبار (كرازاناوسكي و ولسون 1967) يمكن ان يكون اقل ضبطا ايضا. فيظهر بأن هنالك دلائل متناقضة حول هذه النقطة (بركBURKE 1971)، مع أن (هودجزHODGES1967) اثبت بشكل جازم بأن الزوايا المحتسبة من اعمال التثليث بقياس الاضلاع هي ذات درجة ضبط مماثلة لتلك الزوايا المقاسة بمزواة تقرأ ثانية واحدة في نفس شبكة الضبط.

إن السبب الآخر لعدم تمكن التثليث بقياس الاضلاع من احتلال موقع التثليث بقياس الزوايا هو التحقيق الداخلي الرفيع الذي تغطيه اعمال التثليث بقياس الزوايا. فمثلا يكون لمثلث - بزواياه الثلاث مقاسة - تحقيقا زاويا بينما بأضلاعه الثلاثة مقاسة ، لا يكون له تحقيقا. كذلك فللشكل الرباعي متقاطع الاقطار اربعة شروط (ثلاث زوايا وضلع واحد) واجب تحقيقها بقياس الزوايا بينما هنالك شرط واحد فقط بقياس الاضلاع وهو أن الزاوية الكلية المحتسبة عند ركن واحد يساوي مجموع الزاويتين المحتسبتين المركبتين لها.

وهكذا يكون تصميم الشبكة حرجا خصوصا في اعمال التثليث بقياس الاضلاع. وللحصول على معلومات إضافية كافية لتحقيق درجة الضبط تصبح الاشكال الهندسية معقدة جدا. فمثلا، للحصول على نفس المعلومات الاضافية للشكل الرباعي متقاطع القطرين في اعمال التثليث بقياس الزوايا ، يجب استخدام شكل خماسي تقاس كامل اضلاعه العشرة. هذا ، وبالتأكيد فإن خبراء اعمال التثليث بقياس الاضلاع قد إقترحوا استخدام الشكل السداسي المقاسة كافة اضلاعه (20معطية10تحقيقات) باعتباره الشكل الاساسي للشبكة. مع ذلك : فمن الناحية العملية يكون إنشاء الاشكال الخماسية والسداسية التي تكون فيها كافة المحطات متبادلة الرؤيا صعب التحقيق في الحقل. وهكذا فمنطقيا يتطلب التثليث بقياس الاضلاع نفس المقدار من التنظيم الموجود في اعمال التثليث بقياس الزوايا.

يمكن احتساب الشبكة بطريقة تغيير الاحداثيات كما سبق واشير اليه في الفصل الاول ، او يمكن إتباع الطريقتين التاليتين الاقل صرامة:

(1) إن ابسط طريقة هي باستخراج زوايا الشكل من الاطوال باستخدام معادلة نصف الزاوية:

$$\tan\frac{A}{2} = \left(\frac{s(s-a)}{(s-b)(s-c)}\right)^{\frac{1}{2}}$$ ...<38-2>

حيث أن ( $2s = (a+b+c)$ )

ومن ثم تستخدم هذه الزوايا لاحتساب الاتجاهات الزاوية حول الشبكة ، وبهذه الطريقة ينتج مضلعا مغلقا ، ويعدل ليعطي الاحداثيات النهائية. كذلك ، يمكن ايجاد الاحداثيات مباشرة باستخدام (المعادلات 2-34). وإذا أريد ربط المسوحات بالمشبك الوطني ، فهذا يتطلب تحويل الاطوال الى اطوال كروية واستخدامها كما هو مبين اعلاه لاستخراج الاحداثيات "الوقتية PROVISIONAL" . ومن ثم تستخدم هذه الاحداثيات الوقتية لاحتساب تصحيحات $(t-T)$ ومعامل المقياس (SF) - راجع (الفقرات 2-11 و14 و15) - والتي ستطبق على الزوايا والاطوال بشكل متتال لاستخراج ما يعادلها في المشبك. وأن هذه القيم المستخدمة في (المعادلات المباشرة 2-34) ستعطي الاحداثيات الشبكية للنقاط.

(2) يمكن إجراء ربط بين إحداثيات نقاط الضبط بدون استخدام الزوايا ، فإذا طلب ايجاد إحداثيات C وكانت إحداثيات A وB واطوال الاضلاع $a$ و$b$ و$c$ معلومة من المثلث:

$$E_c = \tfrac{1}{2}(E_A + E_B) + \frac{a^2 - b^2}{2c^2}(E_A - E_B) - \frac{2\Delta}{c^2}(N_A - N_B)$$ ...<A39-2>

$$N_c = \tfrac{1}{2}(N_A + N_B) + \frac{a^2 - b^2}{2c^2}(N_A - N_B) + \frac{2\Delta}{c^2}(E_A - E_B)$$ ...<B39-2>

حيث أن A وB وC هي بترتيب اتجاه عقرب الساعة ، كما وأن مساحة المثلث تساوي:

$$\Delta = \{s(s-a)(s-b)(s-c)\}^{\frac{1}{2}}$$

فإذا أريد ربط المسوحات بالمشبك الوطني ، يجب ايجاد معامل المقياس من "الاحداثيات الوقتية" وتطبيقه على الاطوال الكروية لتعطي الاطوال الشبكية. ومن ثم تستخدم هذه الاطوال الاخيرة في المعادلة لتعطي الاحداثيات الشبكية.

لقد اعطى الدكتور تي. إل. توماس (1971) المعادلات البديلة التالية لحسابات التثليث بقياس الاضلاع :

$$\Delta E = E_B - E_A \qquad \Delta N = N_B - N_A \qquad c^2 = \Delta E^2 + \Delta N^2$$

$$p = \frac{\Delta E}{c} \qquad q = \frac{\Delta N}{c} \qquad k = \frac{(b^2 + c^2 - a^2)}{2c} \qquad h = (b^2 - k^2)^{\frac{1}{2}}$$

ومن ثم:

$$E_C = E_A + pk - qh \qquad N_C = N_A + qk + ph$$

وللتحقيق:

$$a^2 = (E_C - E_B)^2 + (N_C - N_B)^2$$
$$b^2 = (E_C - E_A)^2 + (N_C - N_A)^2$$

وقد افترض بالمعادلات اعلاه بأن C هي الى يسار (B ← A).

### 2-6-1 التثليث بقياس الزوايا والاضلاع

**Triangulateration**

فكما تشير اليه التسمية، فالتثليث بقياس الزوايا والاضلاع هي عبارة عن تركيب عمليتي قياس الزوايا TRIAN-GULATION وقياس الاضلاع TRILATERATION للخروج بمنظومة ضبط تكون فيها كافة الزوايا والاضلاع مقاسة.

فمن ناحية درجة الضبط، يجب ان تكون المنظومة قوية جدا بفضل حصولها على كافة ايجابيات المنظومتين المستخرجة منهما . فالتحسينات في تحقيقات الشكل الرباعي متقاطع القطرين والشكل الخماسي ذي النقطة المركزية مدرجة ادناه :

| الشكل الرباعي | التثليث بقياس الزوايا | التثليث بقياس الاضلاع | التثليث بقياس الزوايا والاضلاع |
|---|---|---|---|
| عدد الاتجاهات | 12 | 0 | 12 |
| عدد الاضلاع | 1 | 6 | 6 |
| عدد التحقيقات | 4 | 1 | 9 |
| **الشكل الخماسي** | | | |
| عدد الاتجاهات | 20 | 0 | 20 |
| عدد الاضلاع | 1 | 10 | 10 |
| عدد التحقيقات | 6 | 4 | 15 |

في الوقت الذي يعترف فيه بأن التثليث بقياس الزوايا والاضلاع هي اكثر ضبطا من المنظومتين آنفتي الذكر ، يجب التحقق من انها مزكاة اقتصاديا . فبالتأكيد سوف لن تكون مهارات هذه المنظومة مساوية الى مجموع المهارات في الطريقتين السالفتين. السبب الاول هو : بعد ان يتم نصب الجهاز في محطة الرصد وبعد تعيين الاهداف/العاكسات في المحطات المنوي رصدها، فان المساح الماهر سيحصل على كافة المعلومات الحقلية الضرورية بقليل من الوقت والجهد الاضافي. وان استخدام "المحطات الكلية الالكترونية "TOTAL STATIONS يجعل التطلع اكثر حيويا ، وقد يبرر هذا المبالغ الابتدائية العالية التي ترصد لهذا الغرض. كذلك ، سوف لن يكون هنالك تراكمات في خطأ المقياس (SF) وخطأ السمت او قد تكون قليلة. وهكذا، سيكون بالامكان استغلال الاشكال الرديئة وبذلك تقليل في الوقت المصروف في عملية الاستطلاع.

يجب ان يكون ممكنا ، خلال اعمال التحليل التي تسبق اعمال المسح ، التوصل الى افضل حالة للمنظومة بحيث لا يكون من الضروري إشغال كافة محطات الشبكة ، وبذلك تطوير إضافي لحيويتها . فتعديل هكذا شبكة تحوي كميات غير متشابهة لا يمثل معوقا إذا توفرت خدمات الكومبيوتر . فباستخدام طريقة تغيير الاحداثيات يمكن تعديل كافة المعلومات للحصول على الاحداثيات المصححة للشبكة زائدا تحليل كامل للخطأ ووزن نهائي للمعلومات الحقلية .

فمن الواضح الان بأن التثليث بقياس الزوايا والاضلاع يفضل على استخدام التثليث بقياس الزوايا والتثليث بقياس الاضلاع ، وهكذا تظهر كأنها طريقة حديثة . مع ذلك فمن غير المحتمل ان تتفوق على التضليع TRAVERSING او تحل محله وذلك بسبب الفرق الجوهري بين منظومتيهما ولعامل الضبط والاقتصاد ايضا .

## 7-2 . التضليع TRAVERSING

منذ دخول معدات قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) برزت اعمال التضليع كأكثر الطرق شيوعا في إنشاء شبكات الضبط ، ليس فقط في اعمال المسح الهندسي وإنما ايضا في اعمال العلوم الارضية GEODETIC WORK . والتضليع هو الطريقة الوحيدة المستخدمة للضبط في اعمال مسح المناجم تحت الارض ، بينما تعبر بنفسها بشكل خاص في الهندسة المدنية الى اعمال المساحة وضبط الابعاد في المشاريع ذات المسارات كإنشاء الطرق وخطوط الانابيب .

تكون شبكات التضليع ، الى حد كبير ، خالية من المحددات المفروضة على المنظومات الاخرى وبالمقارنة معها ، كما أن لها المزايا التالية :

(A) تحتاج الى مقدار قليل جدا من الاستطلاع والتنظيم المطلوبين لانشاء خط منفرد من محطات يسهل الوصول اليها ، بالمقارنة مع ما هو مطلوب عند إنشاء اشكال هندسية مكيفة الوضع .

(B) فيما يتعلق بـ(A) اعلاه ، فالتحديدات المفروضة على المنظومات الاخرى بسبب الظروف الطوبوغرافية لاتسري على التضليع .

(C) إن حجم القراءات التي تؤخذ الى محطتين فقط في آن واحد هو صغير نسبيا ، وهو مرن يختلف حسب الظروف المناخية المتغيرة بالمقارنة مع القراءات الزاوية و/ او الخطية التي تؤخذ من محطات المنظومات الاخرى . فهي إذن اسهل تنظيما .

(D) تكون شبكات التضليع خالية من اعتبارات قوة الشكل الخاصة بالتراكيب المثلثية . وفي ذلك تقليل بالمتطلبات التنظيمية مرة أخرى .

(E) لا يحدث خطأ المقياس كما في اعمال التثليث ، بينما استخدام اضلاع اطول سهلة القياس باجهزة قياس المسافة الالكترونية يقلل اخطاء السمت الناجمة عن تغيير الاتجاه .

(F) يمكن اختيار محطات التضليع إعتياديا بحيث يسهل الوصول اليها إضافة الى إمكانية الاستفادة منها لتكثيف لاحق لاعمال ضبط بدرجة اوطأ.
(G) تسمح اعمال التضليع بالسيطرة على خطوط الطرق السريعة او خطوط الانابيب او الانفاق ... الخ عن قرب وبأقل عدد من المحطات.

لقد اثبت كرازاناوسكي و كونبسني (1965) وادلر وسكومتر (1971) بأن التضليع يتفوق على التثليث بقياس الزوايا والتثليث بقياس الاضلاع وحتى في بعض الحالات على التثليث بقياس الزوايا والاضلاع من حيث درجة الضبط ACCURACY. مع ذلك ، يجب القول بأن هذه الاستنتاجات هي من طرح فيلبس(1967).

يمكن الجدل إذن بأن التضليع هي افضل من غيرها من الطرق من حيث درجة الضبط.

وهكذا بأخذ كافة النقاط المذكورة اعلاه بنظر الاعتبار يتضح منطقيا بأن التضليع هو افضل بكثير من كافة الطرق الاخرى ويعطي درجة ضبط مساوية لها في الاقل. راجع (الجزء الاول/سكوفيلد - شعبان 1986) لتفاصيل اكثر حول التضليع.

## 8-2 التسوية المثلثية TRIGONOMETRICAL LEVELLING

تستخدم التسوية المثلثية في المواقع الوعرة التي لا تسمح باستخدام آلات التسوية التقليدية. فالطريقة هي عموما اقل ضبطا من التسوية التقليدية ، ولو انها في الظروف الجوية المستقرة تعطي نتائج مقاربة للتسوية الدقيقة.

### 1-8-2 القراءات المنفردة Single observations

يبين (الشكل 2-20) اسس العمل بهذه الطريقة. فإذا عرفت المسافة الكروية D بين A وB يمكن احتساب فرق الارتفاع بينهما باستخدام الزاوية الشاقولية المرصودة. فانكسار خط النظر في الجو في طريقه من A الى B يؤدي بالمنظار للتوجه الى E. وهكذا فزاوية الارتفاع الشاقولية المرصودة (مقاسة من الافق) هي $\alpha$ وزاوية الانكسار هي $\hat{r}$ والزاوية الناتجة عن تحدب سطح الارض هي $\hat{c}$ . وبمعاملة المثلث (ABA′) كمثلث مستوي قائم الزاوية (لقد تم حذف اوتار الاقواس من الشكل):

الفرق بالارتفاع بين A وB : $= A'B = H = D\tan\phi$

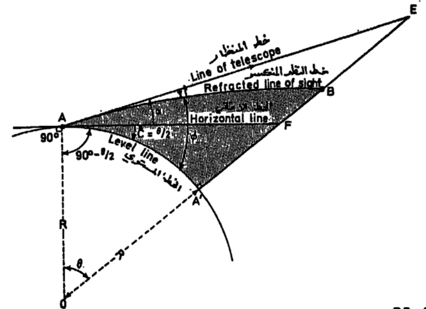
حيث ان:

$$\phi = \alpha + (\hat{c} - \hat{r}) \quad \ldots \langle A40\text{-}2\rangle$$

$$\therefore\ H = D\tan[\alpha + (\hat{c} - \hat{r})] \quad \ldots \langle B40\text{-}2\rangle$$

إن المقدار ( $(c-r)$ ) هو بالتصحيح المركب عن التحدب والانكسار ويعبر عنه بالمقادير الزاوية المذكورة اعلاه. أما عندما يعبر عنه خطيا - انظر (الجزء الاول/سكوفيلد-شعان 1986) ، فالمعادلة تصبح :

$$H = D\tan\alpha + (c-r)$$ ...<C40-2>




شكل 2-20

وبنفس الطريقة ، عند أخذ زاوية الانخفاض $\beta$ المقاسة من B الى A كما في (الشكل 2-21) وبمعاملة المثلث (AB'B) كمثلث مستوي قائم الزاوية:

الفرق بالارتفاع بين A وB:

$$= B'A = H = D\tan\phi$$

حيث أن :

$$\phi = \beta - \hat{c} + \hat{r} = \beta - (\hat{c} - \hat{r})$$ ...<A41-2>

وبالتعبير عنه زاويا :

$$H = D\tan[\beta - (\hat{c} - \hat{r})]$$ ...<B41-2>

او التعبير عنه خطيا :

$$H = D\tan\beta - (c-r)$$ ...<C41-2>

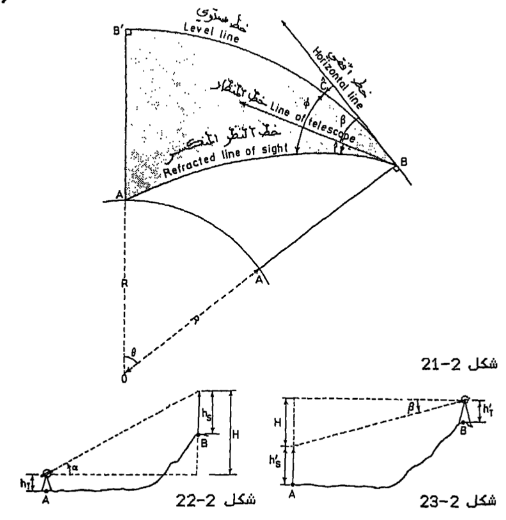
في التحليل السابق ، لم يؤخذ بنظر الاعتبار الفرق بالارتفاع بين الجهاز والاشارة SIGNAL، فالتصحيح عن هذا الاختلاف يتم الحصول عليه بسهولة كبيرة من خلال مرتسم بسيط كما في (الشكل 2-22).

$h_T$ هو ارتفاع المزواة و $h_s$ هو ارتفاع الاشارة.
إذن الفرق بالارتفاع (AB) يساوي:

$$AB = H - h_s + h_T = H - (h_s - h_T)$$

$$\therefore\ H = D\tan\alpha + (c-r) - (h_s - h_T)$$ ...<A42-2>

وبنفس الطريقة عند القراءة من B الى A (شكل 2-23):




شكل 2-21

شكل 2-22

شكل 2-23

الفرق بالارتفاع (BA)؛

$$BA = H + h'_s - h'_T = H + (h'_s - h'_T)$$

$$\therefore\ H = D \tan\beta - (c - r) + (h'_s - h'_T) \qquad \ldots \text{<B42-2>}$$

## 2-8-2 التسوية المثلثية المتبادلة
## Reciprocal trigonometrical levelling

إذا جرت القراءتان اعلاه من A الى B ومن B الى A في وقت واحد يطلق عليها اسم "التسوية المثلثية المتبادلة". ويفترض فيها حذف تأثير التحدب والانكسار. وهكذا فبجمع (المعادلتين 2-A40 و A41) ينتج:

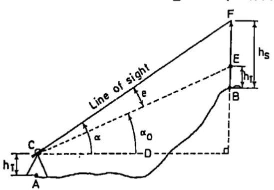
$2\phi = (\alpha + \beta)$ and $H = D \tan\phi$.

$$\therefore\ H = D \tan\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \qquad \ldots \text{<A43-2>}$$

ويتم التصحيح عن الاختلاف بين ارتفاع المزواة والاشارة بأخذ متوسط القيم المتضمنة مع ملاحظة أن احد التصحيحين هو ($-(h_s - h_T)$ )، وهكذا :

$$H = D\tan\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right) + \frac{(h'_s - h'_T) - (h_s - h_T)}{2}$$
...<B43-2>

هنالك طريقة اخرى لحل موضوع الاختلاف بين ارتفاعي الجهاز والاشارة ، وهي بتعديل الزوايا المرصودة الى القيم التي كان بالامكان الحصول عليها لو كان الجهاز والاشارة بنفس الارتفاع. ومن <الشكل 2-24> ، وبفرض الحالة العامة التي تكون فيها الاشارة اعلى من المزواة يجب طرح التصحيح $e$ من الزاوية المرصودة $\alpha$ لاعطاء الزاوية المعدلة $\alpha_0$. وهذه القيمة تستخدم في <المعادلة A43-2> بدلا من $\alpha$.




شكل 2-24

وبفرض ($CF \approx CE \approx D$) ، فان :
...<44-2>

$$e'' = \left(\frac{h_s - h_T}{D}\right) \times 206\,265$$

ومرتسم مشابه لـ<الشكل 2-24> سيبين بان التصحيح يضاف الى زوايا الانخفاض $\beta$ ليعطي $\beta_0$. واخيرا ، في حالة كون كلتا الزاويتين $\alpha$ و $\beta$ زاويتي إنخفاض ، فإن المعادلة الاساسية ستصبح:
...<45-2>

$$H = D\tan\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$

## 2 – 8 – 3 التحدب والانكسار Curvature and refraction

في حالة القراءات المنفردة ، يجب ان تجرى التصحيحات عن التحدب والانكسار.

في الوقت الذي يتناسب فيه التحدب طرديا مع المسافة D ونصف قطر الكرة الارضية R ، فإن الانكسار يتغير اساسا تبعا لدرجة الحرارة. وهكذا، بالنسبة لمعظم النتائج الدقيقة يتم اخذ عدة طواقم من القراءات المتبادلة في منطقة العمل لأجل الوصول الى متوسط قيمة لمعامل الانكسار K والذي يمكن ان يستخدم فيما بعد لتعديل القراءات المنفردة.

K هو قياس لتحدب خط النظر ويساوي النسبة بين نصف قطر تحدب الكرة الارضية R ونصف قطر انحناء خط النظر $R_S$.

وهكذا فإن($K=R/R_s$)، فإذا كانت($K=1$) فإن($R=R_s$). ومن حيث الرصد ، ستظهر الارض كأنما هي مستوية. إن معدل قيمة K هي 0.14 ولو يتم الحصول على قيم مختلفة تماما في ظروف غير اعتيادية كما هي الحالة في المناطق الجليدية. ومما يجب ملاحظته هو أن هنالك طريقة أخرى لايجاد قيمة K والتي تعطي قيمة لـ K معدلها يساوي0.07.

يجعل التصحيح بالمقادير الزاوية. ومن (الشكل 2-20):

$$\hat{c} = \theta/2 \quad \ldots(46-2)$$

ثم :

$$\hat{r} = K\hat{c} = K(\theta/2) \quad \ldots(47-2)$$

من (المعادلتين 2-B40 وB41) وحيث أن H وD مشتركتان ، فإن:

$$\alpha + (\hat{c} - \hat{r}) = \beta - (\hat{c} - \hat{r}) \qquad \therefore\ 2\hat{r} = \alpha - \beta + 2\hat{c}$$

والتعويض عن $\hat{c}$ من (المعادلة 2-46) يعطي:

$$\hat{r} = \tfrac{1}{2}(\theta + \alpha - \beta) \quad \ldots(48-2)$$

عندما تكون كلتا الزاويتين $\alpha$ و $\beta$ زاويتي إنخفاض :

$$\hat{r} = \tfrac{1}{2}(\theta - \alpha - \beta)$$

وتعويض ( $\hat{r} = K(\theta/2)$ ) في (المعادلة 2-48) يعطي:

$$K = \frac{\theta + \alpha - \beta}{\theta} \quad \ldots(49-2)$$

لاحظ جيدا :اول ما تصحح الزاويتان $\alpha$ و $\beta$ في (المعادلتين 2-48 و49) عن اختلاف ارتفاعي الجهاز والاشارة - انظر المثال المحلول (رقم 2-13) صحيفة 121.

والان خذ التصحيح بالمقادير الخطية (شكل 2-20) :

$$c = FA' = D^2/2R \quad \ldots(A50-2)$$

عندما تكون كافة الوحدات متماثلة ، خذ (R=6372KM) واجعل D بالكيلومترات ، فإن c بالامتار ستساوي:

$$c = \frac{1000D^2}{2 \times 6372} = 0.0785D^2\ \text{m} \quad \ldots(B50-2)$$

القيمة الخطيّة لـ r تساوي:

$$= BE \approx D\hat{r}$$

ولكن :

$$\hat{r} = K(\theta/2) \quad , \quad \theta = D/R$$

وهكـــذا :

$$\hat{r} = KD/2R$$

لأن r الخطيّة تساوي:

$$= BE = D\hat{r} = \frac{KD^2}{2R} \quad \ldots(51-2)$$

وبتركيب التصحيحين:

$$(c - r) = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2K}{2R} = \frac{D^2}{2R}(1 - K) \quad \ldots(52-2)$$

حيث تستخرج K من (المعادلة 2-49) . فإذا أستخدمت (K=0.14) فإن المعادلة تقترب من( D 0.0674)متر ، حيث تكون D بالكيلومترات.

وهكذا تستخدم هذه القيم الزاوية و/او الخطية ل c و r في المعادلات الملائمة للقراءات المنفردة.

## امثلة محلولة

مثال 2-8: كانت القيم الوسطية لزوايا مثلث A وB وC كما قيست في اعمال تثليث (بقياس الزوايا) مهمة كما يلي وحسب الاوزان المبينة ازاؤها: ("A=50°22′32.5)بوزن 5 و("B=65°40′47.5) بوزن 3 و("C=63°56′46.5) بوزن 6. وكان طول الضلع(BC) 37.5كم ونصف قطر الكرة الارضية 6267 كم.
اوجد (A) الزيادة الكروية (B) القيم المحتملة للزيادة الكروية (جامعة لندن)

الحل

(A)الزيادة الكروية "E :

$$E'' = \frac{\frac{1}{2}ab \sin \hat{C} \times 206\,265}{R^2}$$

ومن قانون الجيوب:

$$b = a \sin B/\sin A$$

$$\therefore\ E'' = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2R^2 \sin A} \times 206\,265 = 3.9''$$

(B) يجب ان يكون مجموع الزوايا الكروية المعدلة ("180°+E) اي ("180°00′03.9).

| الزاوية | متوسط القيمة ° ′ " | الاوزان | مقلوب الاوزان | التصحيح | الزوايا مصححة ° ′ " |
|---|---|---|---|---|---|
| $A$ | 50 22 32.5 | 5 | $\frac{1}{5} \times 30 = 6$ | $\frac{-2.6 \times 6}{21} = -0.7''$ | 50 22 31.8 |
| $B$ | 65 40 47.5 | 3 | $\frac{1}{3} \times 30 = 10$ | $\frac{-2.6 \times 10}{21} = -1.3''$ | 65 40 46.2 |
| $C$ | 63 56 46.5 | 6 | $\frac{1}{6} \times 30 =$ | $\frac{-2.6 \times 5}{21} = -0.6''$ | 63 56 45.9 |
| المجموع | 180 00 06.5 | | المجموع = 21 | المجموع = −2.6″ | 180 00 03.9 |
| | 03.9 | | | | |

إذن التصحيح يساوي ("2.6 -)

مثال 2-9: اربع محطات تثليثية (بقياس الزوايا) على شكل المثلث (ABC) حيث تقع النقطة الرابعة D داخله. الزوايا المقاسة ولوغاريثمات جيوب LOG SINS الزوايا الخارجية هي معطاة ادناه.عدل الزوايا الى اقرب ثانية بطريقة الازاحات المتساوية EQUAL SHIFTS.

| الرقم | | الزوايا المقاسة ° ′ ″ | لوغاريثمات الجيوب | الفرق في لوغاريثمات الجيوب لـ 1″ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | *BAD* | 26 31 32 | $\bar{1}$.649 915 6 | 0.000 004 2 |
| 2 | *ABD* | 20 57 35 | $\bar{1}$.553 532 9 | 55 |
| 3 | *DBC* | 35 05 09 | $\bar{1}$.759 519 0 | 32 |
| 4 | *BCD* | 30 28 41 | $\bar{1}$.705 186 3 | 36 |
| 5 | *ACD* | 26 59 46 | $\bar{1}$.656 989 0 | 41 |
| 6 | *CAD* | 39 57 26 | $\bar{1}$.807 680 7 | 25 |
| 7 | *ADB* | 132 30 50 | | |
| 8 | *BDC* | 114 26 04 | | |
| 9 | *CDA* | 113 03 06 | | |

(جامعة لندن)

الحل

راجع (الشكل A13-2) واستخدم الطريقة المشار اليها بـ(الفقرة 2-3(3)) صحيفة 122 .

| المثلث | الرقم | الزوايا ° ′ ″ | التصحيح الاول ″ | الزوايا المصححة ″ | الزوايا المركزية ° ′ ″ | التصحيح الثاني ″ | الزوايا المصححة ″ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ABD* | 1 | 26 31 32 | 1 | 33 | | −0.5 | 32.5 |
| | 2 | 20 57 35 | 1 | 36 | | −0.5 | 35.5 |
| | 7 | 132 30 50 | 1 | 51 | 132 30 51 | 1 | 52 |
| المجموع | | 179 59 57 | | | | | |
| *BCD* | 3 | 35 05 09 | 2 | 11 | | −0.5 | 10.5 |
| | 4 | 30 28 41 | 2 | 43 | | −0.5 | 42.5 |
| | 8 | 114 26 04 | 2 | 06 | 114 26 06 | 1 | 7 |
| المجموع | | 179 59 54 | | | | | |
| *CAD* | 5 | 26 59 46 | −6 | 40 | | −0.5 | 39.5 |
| | 6 | 39 57 26 | −6 | 20 | | −0.5 | 19.5 |
| | 9 | 113 03 06 | −6 | 00 | 113 03 00 | 1 | 1 |
| المجموع | | 180 00 18 | | | 359 59 57 | | |

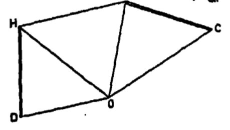
وحيث ان التصحيح للزوايا المركزية هو 1″، هذا تلقائيا يعطي تصحيحا مقداره (− 0.5″) لكل من زوايا قواعد المثلثات لاعادتها الى 180° .

| رقم | شرط الضلع الـ لوغاريتم الجيب (فردية) | رقم | شرط الضلع الـ لوغاريتم الجيب (زوجية) | الفرق | التصحيح | الزوايا النهائية |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ī.649 915 6 | | | 42 | −1 | 26 31 31.5 |
| | | 2 | Ī.553 532 9 | 55 | 1 | 20 57 36.5 |
| 3 | Ī.759 519 0 | | | 32 | −1 | 35 05 09.5 |
| | | 4 | Ī.705 186 3 | 36 | 1 | 30 28 43.5 |
| 5 | Ī.656 989 0 | | | 41 | −1 | 26 59 38.5 |
| | | 6 | Ī.807 680 7 | 25 | 1 | 39 57 20.5 |
| | Ī.066 423 6 | | Ī.066 399 9 | 231 | | |
| | 399 9 | | | | | |
| | 237 = الفرق | | | | | |

ولكن (237/231)من"1 تساوي تقريبا "1

إن الزوايا المركزية هي كما مبينة في نهاية التصحيح الثاني ، والزوايا النهائية يمكن تقريبها الان الى اقرب ثانية.

مثال 2-10: قيست كافة زوايا الشبكة في شبكة تثليث بقياس الزوايا المبينة في (الشكل 2-25) .كما قيس الضلعان (DH) و(GC) كخط قاعدة وخط قاعدة تحقيقي على التوالي وكما يلي :




شكل 2-25

| ΔDHO | ° ′ ″ | ΔHGO | ° ′ ″ | ΔGCO | ° ′ ″ |
|---|---|---|---|---|---|
| D̂ = | 79 47 05 | Ĥ = | 77 28 58 | Ĝ = | 82 22 17 |
| Ĥ = | 58 32 35 | Ĝ = | 36 02 38 | Ĉ = | 71 29 47 |
| Ô = | 41 40 05 | Ô = | 66 28 48 | Ô = | 26 08 17 |
| DH = 426.58 m | | | | GC = 486.83 m | |

عدل الزوايا المرصودة بطريقة "الازاحات المتساوية" لاعطاء شكل متناسق.

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

المطلوب في هذا السؤال هو تعديل الشكل بحيث ان "القيمة المحتسبة" لخط القاعدة التحقيقي تساوي

"القيمة المقاسة" له.

اول خطوة، عدل كل مثلث ، فجمع زوايا كل مثلث يعطي:
DHO=179°49′45" و HGO=180°00′24" و GCO=180°00′21"

وهكذا هنالك تصحيح لكل زاوية مقداره 5" و8" و(7"-) لكل مثلث على التوالي.والزوايا المصححة هي الان كالاتي

| ΔDHO | ° | ′ | ″ | ΔHGO | ° | ′ | ″ | ΔGCO | ° | ′ | ″ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\hat{D}$ = | 79 | 47 | 10 | $\hat{H}$ = | 77 | 28 | 50 | $\hat{G}$ = | 82 | 22 | 10 |
| $\hat{H}$ = | 58 | 32 | 40 | $\hat{G}$ = | 36 | 02 | 30 | $\hat{C}$ = | 71 | 29 | 40 |
| $\hat{O}$ = | 41 | 40 | 10 | $\hat{O}$ = | 66 | 28 | 40 | $\hat{O}$ = | 26 | 08 | 10 |

بواسطة قانون الجيوب (للشكل 2-25) تكون القيمة المحتسبة لـ(GC):

$$GC = \frac{HD \sin H\hat{D}O \sin G\hat{H}O \sin G\hat{O}C}{\sin H\hat{O}D \sin O\hat{G}H \sin O\hat{C}G}$$

| بأخذ اللوغاريثمات | الفرق لـ"10 | ° ′ ″ | الفرق لـ"10 |
|---|---|---|---|
| log 426.58 = 2.630 001 | | | |
| log sin 79° 47′ 10″ = $\bar{1}$.993 063 | 3.7 | log sin 41 40 10 = $\bar{1}$.822 712 | 23.7 |
| log sin 77° 28′ 50″ = $\bar{1}$.989 548 | 4.7 | log sin 36 02 30 = $\bar{1}$.769 653 | 29.0 |
| log sin 26° 08′ 10″ = $\bar{1}$.643 951 | 42.8 | log sin 71 29 40 = $\bar{1}$.976 943 | 7.2 |
| $\sum$ = 2.256 563 | | $\sum$ = $\bar{1}$.569 308 | |

إذن لوغاريثم(GC):

$\therefore$ Log $GC$ = 2.687 255 = 486.69 m (computed) (محتسب)
Log $GC$ = 2.687 378 = 486.83 m (measured) (مقاس)

Difference = 0.000 123 الفرق يساوي:

ويجب تعديل هذا الفرق بين الزوايا الست المستخدمة في الحسابات بحيث ان القيمة"المحتسبة"النهائية للوغارثم (GC) تساوي قيمته "المقاسة".

مجموع الفروقات لـ ("10) تساوي (111.1). إذن مقدار التصحيح لكل زاوية : "11="10 × (123/111)=

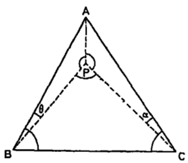
وحيث ان قيمة لوغاريثم (GC) النهائية "المحتسبة" تتطلب زيادة، فإن تصحيح حسابات اللوغاريثم يبين بانه يمكن تعديل الزوايا (HDO) و(GHO) و(GOC) بإضافة "11 الى كل منها ، بينما تعدل الزوايا (HOD) و(OGH) و(OCG) بطرح "11 من كل منها . اما الزوايا الثلاث غير الداخلة في الحسابات فتبقى كما هي في التصحيح الاول .

مثال 2-11: في المثلث(ABC)، (AB)يساوي 5205.0م و(AC) يساوي5113.8م ، والزاويتان B وC تساويان (55°01′05")

و(62°04′20″) على التوالي، وحيث لم يكن بالامكان التواجد في محطة A فقد أخذت القراءات من محطة تابعة (P) SATELLITE تبعد 11.1م من A وفي داخل المثلث، وكانت قراءات الجهاز في P : (A=0°00′00″) و (C=148°28′40″) و(B=211°31′10″). أوجد الخطأ الزاوي في المثلث. (جامعة لندن)

الحل

لما كانت المزواة تقيس باتجاه عقرب الساعة فإن القراءات في P تفيد في تثبيت المواقع النسبية لـ A وB وC <شكل 2-26> بالاضافة الى إعطاء القيم الزاوية التالية: (CPB = 63°02′30″) و (APC=148°28′40″) و (BPA=148°28′50″).




شكل 2-26

بواسطة قانون الجيوب للمثلث (APC):

$$\alpha'' = \frac{AP \sin A\hat{P}C}{AC} \times 206\,265 = \frac{11.1 \sin 148^\circ\, 28'\, 40''}{5113.8} \times 206\,265$$

$$= 234'' = 0^\circ\, 03'\, 54''$$

وبنفس الطريقة للمثلث (APB):

$$\theta'' = \frac{AP \sin B\hat{P}A}{AB} \times 206\,265 = \frac{11.1 \sin 148^\circ\, 28'\, 50''}{5205.0} \times 206\,265$$

$$= 230'' = 0^\circ\, 03'\, 50''$$

$$\therefore \quad C\hat{A}B = C\hat{P}B - \alpha'' - \theta''$$
$$= 63^\circ\, 02'\, 30'' - 03'\, 54'' - 03'\, 50'' = 62^\circ\, 54'\, 46''$$

إذن الخطأ الزاوي يساوي:

$$= 180^\circ - (\hat{A} + \hat{B} + \hat{C})$$
$$= 180^\circ - (62^\circ\, 54'\, 46'' + 55^\circ\, 01'\, 05'' + 62^\circ\, 04'\, 20'') = +11''$$

مثال 2-12: (A) عرف معامل الانكسار K ، وبين كيف يمكن الحصول عليه من قراءات التسوية المثلثية الانية المتبادلة.
(B)محطتا تثليث (بقياس الزوايا) A وB المسافة بينهما 2856.85م. وقد اعطت الرصدة من A الى B زاوية شاقولية متوسط قيمتها يساوي (+ 01° 35′38″) ، وكان ارتفاع الجهاز 1.41م وارتفاع الهدف 2.32م. فإذا كان منسوب المحطة A ، 156.86م فوق مستوى الاسناد المساحي وكانت قيمة K للموقع 0.16. اوجد منسوب B. (نصف قطر الكرة الارضية يساوي 6372كم) (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(A) راجع (الفقرة 2-8-3).
(B) سوف تتم الاجابة على هذا الجزء باستخدام كلا الحلين الزاوي والخطي.

## الطريقة الزاويّة

الفرق بالارتفاع في (AB) يساوي: $= H = D\tan[\alpha + (\hat{c} - \hat{r})]$
حيث أن $(\hat{c} = \theta/2)$ و:

$$\theta = \frac{D}{R} = \frac{2856.85}{6\,372\,000} = 0.000\,448 \text{ rad}$$

$$\therefore\ \hat{c} = 0.000\,224 \text{ rad}$$
$$\hat{r} = K(\theta/2) = 0.16 \times 0.000\,224 = 0.000\,036 \text{ rad}$$
$$\therefore\ (\hat{c} - \hat{r}) = 0.000\,188 \text{ rad} = 0°\,00'\,38.8''$$
$$\therefore\ H = 2856.85 \tan(01°\,35'\,38'' + 0°\,00'\,38.8'') = 80.03 \text{ m}$$

ومن (الشكل 2-22)، منسوب B يساوي:
$= (\text{منسوب A}) + h_T + H - h_s$
$= 156.86 + 1.41 + 80.03 - 2.32$
$= 235.89$ M.

## الطريقة الخطيّة

$$H = D\tan\alpha + (c - r)$$

حيث أن:
$$(c - r) = \left(\frac{D^2}{2R}\right)(1 - K) = \frac{2856.85^2}{2 \times 6\,372\,000} \times 0.84 = 0.54 \text{ m}$$

$$D\tan\alpha = 2856.85 \tan(01°\,35'\,38'') = 79.49 \text{ m}$$
$$\therefore\ H = 79.49 + 0.54 = 80.03 \text{ m}$$

مثال 2-13: المحطتان A وB المسافة بينهما 1713م. وقد سجلت الارتفاعات التالية: ارتفاع الجهاز في A يساوي 1.392م وفي B يساوي 1.464م وارتفاع الاشارة في A يساوي 2.199م وفي B يساوي 2م، وزاوية الارتفاع الى الاشارة التي في B تساوي (08′08″ 1°) وزاوية الانخفاض الى الاشارة التي في A تساوي (06′15″ 1°). فإذا كانت 1″ في مركز الكرة الارضية تقابل 30.393م على سطح الارض، اوجد الفرق بالمنسوب بين A وB وتصحيح الانكسار. (جامعة لندن)

الحل

من (المعادلة 2-B43):
$$H = D\tan\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + \frac{(h_s' - h_T') - (h_s - h_T)}{2}$$

حيث أن $h_T$ هو ارتفاع الجهاز في A و $h_s$ ارتفاع الاشارة في B
و $h_T'$ هو ارتفاع الجهاز في B و $h_s'$ ارتفاع الاشارة في A

$$\therefore\ H = 1713\tan\left(\frac{(1^\circ 08' 08'') + (1^\circ 06' 15'')}{2}\right) + \frac{(2.199 - 1.464) - (2.000 - 1.392)}{2}$$

$$= 33.490 + 0.064 = 33.55\ \text{m}$$

وباستخدام الطريقة الجديلة (المعادلة 2-44):

تصحيح زاوية الارتفاع ($e''$):

$$e'' = \frac{1.392 - 2.000}{1713.0} \times 206\,265 = -73.2''$$

$$\therefore\ \alpha = (1^\circ 08' 08'') - (01' 13.2'') = 1^\circ 06' 54.8''$$

تصحيح زاوية الانخفاض ($e''$):

$$e'' = \frac{(2.199 - 1.464)}{1713.0} \times 206\,265 = 88.5''$$

$$\therefore\ \beta = (1^\circ 06' 15'') + (01' 28.5'') = 1^\circ 07' 43.5''$$

$$\therefore\ H = 1713\tan\left(\frac{1^\circ 06' 54.8'' + 1^\circ 07' 43.5''}{2}\right) = 33.55\ \text{m}$$

تصحيح الانكسار ($\hat{r}$):

$$\hat{r} = \tfrac{1}{2}(\theta + \alpha - \beta)$$

$$\theta'' = 1713.0/30.393 = 56.4''$$

حيث ان:

$$\therefore\ \hat{r} = \tfrac{1}{2}(56.4'' + (1^\circ 06' 54.8'') - (1^\circ 07' 43.5'')) = 3.8''$$

وكذلك:

$$K = \frac{\hat{r}}{\theta/2} = \frac{3.8''}{28.2''} = 0.14$$

مثال 2-14: النقطتان A وB ، المسافة بينهما 8كم وعلى ارتفاعين 102.50م و 286.50م على التوالي فوق مستوى الاسناد ، وارتفاع الهدف في A هو 1.50م وفي B هو3.00م بينما ارتفاع الجهاز في كلا الموقعين هو 1.50م. فإذا كانت "1 من القوس عند مركز الكرة الارضية تقابل 31م على سطح الارض وتأثير الانكسار يساوي (1/7) تأثير التحدب. توقع الزوايا المرصودة من A الى B ومن B الى A. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

بالرجوع الى (الشكل 2-20)، المطلوب هو ايجاد الزاوية المرصودة $\alpha$ عندما تعطى قيمة $\phi$ .

الفرق بالارتفاع بين A وB:

$$= H = 286.50 - 102.50 = 184.00\ \text{m}$$

بواسطة الزوايا القطرية:

$$= \frac{184}{8000} \times 206\,265 = 4744'' = 1^\circ 19' 04''$$

الزاوية المقابلة في مركز الكرة الارضية:

$$\theta'' = \frac{8000}{31} = 258''$$

اذن تصحيح التحدب ($\hat{c} = \theta/2 = 129''$) والانكسار ($\hat{r} = \hat{c}/7 = 18''$).

والان :

$$H = D\tan\phi$$

حيث :

$$\phi = \alpha \pm (\hat{e} - \hat{f})$$

$$\therefore \alpha = \phi - (\hat{e} - \hat{f}) = 4744'' - (129'' - 18'') = 4633'' = 1°17'13''$$

كذلك من (المعادلة 2-41):

$$\phi = \beta - (\hat{e} - \hat{f})$$

$$\therefore \beta = \phi + (\hat{e} - \hat{f}) = 4855'' = 1°20'55''$$

ويجب تصحيح الزاوية المرصودة α عن الاختلاف في ارتفاعي الجهاز والاشارة. عادة بطرح التصحيح من الزاوية المرصودة ليعطي الزاوية المتبادلة الحقيقية. وفي هذا المثال ، α هي الزاوية المتبادلة الحقيقية ، وهكذا فالتصحيح يجب ان يجمع في هذه الحالة المعكوسة.

$$e'' = [(h_s - h_T)/D] \times 206\,265 = [(3.00 - 1.50)/8000] \times 206\,265 = 39''$$

$$\therefore \alpha = 4633'' + 39'' = 4672'' = 1°17'52''$$

مثال 2-15: تم تثبيت قاعدة مائية RIG لاستخراج الغاز فوق قاع البحر على بعد 48كم من كل من محطتي مسح على الساحل المسافة بينهما بضع كيلومترات. ولاجل تحديد الموقع المضبوط للقاعدة يجب إقامة منار عليها بحيث يكون مرئيا من المزواتين المنصوبتين في المحطتين الساحليتين وعلى ارتفاع 36م من اعلى مستوى للماء.

بإهمال تأثيرات الانكسار وبفرض أن اقل مسافة بين خط النظر والماء الساكن هي 3م في حالة المد ، احسب اقل ارتفاع للمنار فوق علامة اعلى مستوى للماء عند القاعدة المائية. إثبت اية معادلة تقوم باستخدامها .

احسب زاوية الارتفاع التي ستقاس بالمزواة عند رصد هذا المنار ، مع أخذ عامل الانكسار بنظر الاعتبار وفرض أن الخطأ بسبب الانكسار هو سبع الخطأ بسبب تحدب الارض. علما بأن متوسط قيمة نصف قطر الكرة الارضية 6273كم.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من (الشكل 2-27) :
من(المعادلة 2-A50) [للبرهان انظر الجزء الاول/سكوفيلد - شعان 1986 صحيفة 24] :

$$D_1 = (2h_1R)^{\frac{1}{2}}$$

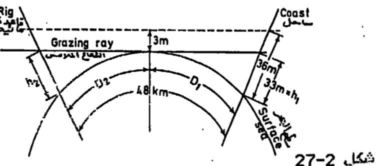
$$D_1 = (2 \times 33 \times 6\,273\,000)^{\frac{1}{2}} = 20.35 \text{ km}$$

$$D_2 = 48 - D_1 = 27.65 \text{ km}$$

إذن ولما كانت $D_2$:

$$D_2 = (2h_2R)^{\frac{1}{2}}$$

$$h_2 = 61 \text{ m}$$




شكل 2-27

ولاجل تجنب ملامسة خط النظر لسطح البحر بالارتفاع 3م عنه يجب ان يكون ارتفاع المنار 64م.

من (الشكل 2-20) الفرق بالارتفاع بين المنار والمزواة (64 - 36 = 28 M.) والزاوية الشاقولية المرصودة لزوايا الارتفاع ( $\alpha = \phi - (\hat{c} - \hat{r})$ ) حيث :

$$\phi'' = \frac{28 \times 206\,265}{48\,000} = 120.3''$$

$$\hat{c} = \theta/2$$

وعندما :

$$\theta'' = \left(\frac{48}{6273}\right) \times 206\,265 = 1578.3''$$

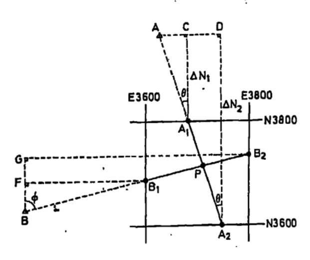
$$\therefore\ \hat{c} = 789.2'' \quad \text{و} \quad \hat{r} = \hat{c}/7 = 112.7''$$

$$\therefore\ \alpha = 120.3'' - 789.2'' + 112.7'' = -556.2'' = -0°\,09'\,16''$$

والقيمة السالبة لـ $\alpha$ تشير الى ان $\alpha$ هي زاوية إنخفاض وليست إرتفاع كما ذكرت بالسؤال .

مثال 2-16: المطلوب ايجاد إحداثيات المحطة P من الحل شبه التخطيطي للتقاطع INTERSECTION. خذ اثنين من الشعاعات فقط واحسب قيمتي نقطتي التقاطع المترافقتين إذا علمت بأن الاتجاه الزاوي لـ(AP) يساوي (S05°20′20"E) ولـ(BP) يساوي (N84°10′33"E) وإحداثيات A هي 3500.05م تشريق و5085.38م تشميل وإحداثيات B هي 1054.66م تشريق و 2980.08م تشميل والاحداثيات الوقتية لـ P هي 3640م تشريق و 3720م تشميل، كما أن إحداثيات ورق الرسم البياني هي 3800م تشميل للحافة العليا و3600م تشميل للحافة السفلى و3600م تشريق للحافة اليسرى و3800م تشريق للحافة اليمنى. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل




شكل 2-28

من (الشكل 2-28) :

$CA_1 = \Delta N_1 = 5085.38 - 3800 = 1285.38$ m
$DA_2 = \Delta N_2 = 1485.38$ m
$AC = \Delta N_1 \tan \theta = 1285.38 \tan 05° 20' 20'' = 120\ 121$ m $= \Delta E_{A_1}$
$AD = \Delta N_2 \tan \theta = 138.812$ m $= \Delta E_{A_2}$

إذن نقطتي التقاطع المترافقتين $A_1$ و $A_2$:

$A_1 = E_A + \Delta E_{A_1} = 3500.05 + 120.12 =$ E 3620.17 m
$A_2 = E_A + \Delta E_{A_2} = 3500.05 + 138.81 =$ E 3638.86 m

ونفس الشيء بالنسبة لـ B:

$FB_1 = \Delta E_{B_1} = 3600 - 1054.60 = 2545.40$ m
$GB_2 = \Delta E_{B_2} = 2745.34$ m
$\therefore\ BF = \Delta E_{B_1} \cot \phi = 2545.34 \cot 84° 10' 30'' = 259.668$ m $= \Delta N_{B_1}$
$BG = \Delta E_{B_2} \cot \phi = 280.071$ m $= \Delta N_{B_2}$

نقطتا التقاطع المترافقتين $B_1$ و $B_2$:

$B_1 = N_B + \Delta N_{B_1} = 2980.08 + 259.668 =$ N 3239.75 m
$B_2 = N_B + \Delta N_{B_2} =$ N 3260.15 m

## تمارين

5-2 يؤلف الشكل الخماسي (ABCDEA) بنقطته المركزية O جزءاً من مشروع تثليث (بقياس الزوايا). وقد تم تعديل الزوايا في كل الاشكال التي تؤلف الشبكة بكاملها. وفي هذه الحالة فقد تم تعديل الزوايا في كل من المثلثين (DOE) و(EOA) وهي إذن لا تحتاج الى تصحيح آخر.

وبالاستفادة من المعلومات الواردة بالجدول ادناه، إستخدم طريقة "الازاحات المتساوية EQUAL SHIFTS" لتعيين التصحيح الواجب تطبيقه على كل من الزوايا الباقية.

| المثلث | الزاوية | القيمة المرصودة ° | ′ | ″ | لوغاريثم الجيب | فرق لو الجيب لـ 1″ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AOB | OAB | 40 | 17 | 57 | $\bar{1}$.810 755 7 | 25 |
| | OBA | 64 | 11 | 20 | $\bar{1}$.954 355 6 | 10 |
| | AOB | 75 | 30 | 52 | | |
| BOC | OBC | 37 | 22 | 27 | $\bar{1}$.783 201 4 | 28 |
| | OCB | 71 | 10 | 50 | $\bar{1}$.976 139 0 | 7 |
| | BOC | 71 | 26 | 22 | | |
| COB | OCD | 24 | 51 | 25 | $\bar{1}$.623 615 4 | 46 |
| | ODC | 51 | 48 | 47 | $\bar{1}$.895 421 4 | 17 |
| | COD | 103 | 19 | 33 | | |
| | | الزوايا المعدلة ° | ′ | ″ | | |
| DOE | ODE | 67 | 18 | 59 | $\bar{1}$.965 036 2 | |
| | OED | 51 | 02 | 00 | $\bar{1}$.890 707 1 | |
| | DOE | 61 | 39 | 01 | | |
| EOA | OEA | 116 | 47 | 40 | $\bar{1}$.950 671 4 | |
| | OAE | 15 | 08 | 02 | $\bar{1}$.416 766 2 | |
| | EOA | 48 | 04 | 18 | | |

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: تصحيحات الزوايا هي: (OBA=-5.8")و(OAB=4.8")و(AOB=-8.0")و(OBC=14.8")و (OCB=4.2")و (BOC=2.0") و (OCD=12.8")و(ODC=2.2")و(COD=0")].

2-6 المطلوب إنشاء جسر عبر نهر حيثما يكون عرضه1.5كم وقد ثبتت محطة مسح على كل من ضفتي النهر لاجل تعيين خط وسط الجسر.

باستبعاد استخدام الاجهزة الالكترونية ، بين كيف يمكن ايجاد المسافة بين هاتين المحطتين بدرجة عالية من الضبط. اجمل الحسابات الداخلة في الحل واذكر المعادلات ذات العلاقة في كل مرة.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: التثليث بقياس الاضلاع، الشكل الرباعي متقاطع القطرين ، خط القاعدة ، تعديل الشكل ].

2-7 لاجل توضيح كيفية تعديل اعمال تثليث بقياس الزوايا بطريقة الازاحات المتساوية، خذ شكلا يتألف من المثلث(ABC)بنقطة مركزية(داخلية)D ، وقد فرضت بداخله الزوايا الخيالية التالية كأنها "زوايا مرصودة":
(ADB=BDC=CDA=120° 00´) و (BAD=ABD=CBD=BCD=ACD=30° 00´) و(CAD=33° 00´).

فمع أن الخطأ في المثلث (ADC) هو كبير بحيث يظهر بأن هنالك غلطة كبيرة قد وقعت. عدل زوايا التثليث (الى اقرب دقيقة) ليعطي شكلا متناسقا. ما هي المعادلات الشرطية الخمس التي يجب ان تخضع لها الزوايا المرصودة؟ (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: (BAD=CBD=30° 21´) و (ACD=29° 21´) و (ABD=BCD= 29° 19´)و(CAD=31° 19´)و(ADB=BDC=120° 20´)و(CDA=119° 20´)]

2-8 ترجع التفاصيل ادناه الى قراءات أخذت في المحطة التابعةO لتعيين الزاوية في محطةA التي لايمكن الوصول اليها الواقعة في المثلث (ABC). احسب الزاوية(BAC).

الطول(OA)يساوي 9.435م والاتجاه الزاوي للضلع(OA) يساوي"00´00°0 والطول(AB)يساوي 2925م والاتجاه الزاوي للضلع(OB) يساوي"00´46°78 والطول (AC) يساوي 3426م والاتجاه الزاوي للضلع (OC) يساوي "00´12°100 و (LOG SIN(1")=6.685 575).
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: زاوية(BAC)تساوي("26´24°21)]

لاحظ جيدا : بأن (1/SIN1"=206 265") حيث ان المؤلف قد تجنب استخدام (SIN1") وحول الزوايا القطرية الى ثوان ستينية باستخدام الرقم 265 206الذي يمثل عدد الثواني في الزاوية القطرية الواحدة.

9-2 وضح الفرق بين تقنيات التسوية المتبادلة والتسوية المثلثية المتبادلة ، وناقش الظروف التي تستخدم فيها اي منهما بأكفأ شكل.

المسافة الافقية بين المحطتين P وQ هي 5951.30 متر وقد سددت مزواة في P الى منار قريب من المحطة Q. بنفس الوقت الذي تم فيه تسديد مزواة في Q الى منار قريب من المحطة P. وقد تم الحصول على القياسات التالية: زاوية الارتفاع المسجلة في P تساوي "38′19°01 وزاوية الانخفاض المسجلة في Q تساوي "01′21°01 وارتفاع المنار في P يساوي 2.85م وارتفاع المنار في Q يساوي 2.36م وارتفاع الجهاز في P يساوي 1.36م وفي Q يساوي 1.47م.

اوجد الفرق بالمنسوب بين المحطتين ومعامل الانكسار الجوي. إفرض بأن نصف قطر الكرة الارضية يساوي (6.37 × 10⁶M).(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: 139.18 متر و 0.14]

10-2 كانت المسافة بين النقطتين A وB 6336م وكانت B اعلى من A بمقدار 150م. اوجد الزوايا المرصودة من A ومن B بجهاز مزواة.مع فرض ان ارتفاعي الجهاز والاشارة متساويين وتأثير الانكسار هو (1/7) تأثير التحدب. خذ نصف قطر الكرة الارضية كـ 6336كم - - (جامعة لندن)
[الجواب: ("54′19°1=A) و ("50′22°1=B)].

## 9-2 السطح الكروي THE SPHEROID

مثلما تنمو المشاريع حجما وتعقيدا ، كذلك يجب أن تكون عملية المسح المرتبطة بالسيطرة على هذه المشاريع. وهذا واضح في مسوحات الطرق الخارجية السريعة الطويلة. مع ذلك، فمثلما يزيد مقياس هذه المسوحات كذلك يكون تأثير تحدب الارض،حيث أن المشاريع الكبيرة تتطلب استخدام إحداثيات وإسقاطات كروية.

### 1-9-2 السطح الكروي للاسناد The spheroid of reference

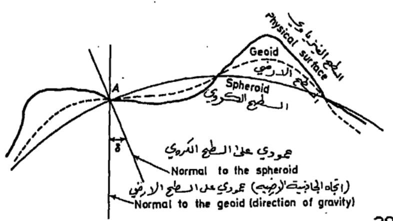
لاجل احتساب المسوحات بإحداثيات كروية ، اي بخط عرض(ø) LATITUDE وخط طول (λ) LONGITUDE ، يجب إسناد الاحداثيات الى شكل هندسي مطلق معلوم يسمى "السطح الكروي للاسناد SPHEROID OF REFERENCE"، وفي هذا الصدد يمكن اعتبار أن للكرة الارضية ثلاثة سطوح :

(A) السطح الفيزياوي PHYSICAL SURFACE: هذا هو سطح الارض الحقيقي الذي بالرغم من كونه حقيقة فيزياوية فهو غير محدد رياضيا. ولهذا السبب لا يمكن استخدامه كإسناد يعتمد عليه في تعيين المواقع.
(B) السطح الارضي GEOID: تصور سلسلة من القنوات المتصلة ببعضها خارقة للقارات والتي تسمح بدخول مياه البحر

فيها . فجريان المياه بحرية تحت تاثير الجاذبية الارضية. وبإهمال تاثيرات المد والجزر سيتكون سطحا متساوي الجهد EQUIPOTENTIAL قريبا من شكل الكرة الارضية يدعى "السطح الارضي" الذي يعني (حسب شكل الارض) وهذا السطح هو عمودي على اتجاه الجاذبية الارضية في كل نقطة منه ، ولكن بسبب تغيرات الكتلة داخل الكرة الارضية فإنه يكون شكلا غير منتظم ويحتاج الى عدد غير محدود من المعاليم لتعريفه رياضيا . هذا يعني بأن متوسط سطح البحر ايضا لا يمكن استخدامه كأساس لتحديد الموقع. ومن الجدير بالملاحظة بأن اعمال التسوية واعمال الارصاد الفلكية ترتبط باتجاه الجاذبية الارضية بواسطة فقاعات اطباق PLATE BUBLES الاجهزة المستخدمة ، ولذلك فهي تنسب الى السطح الارضي GEOID.

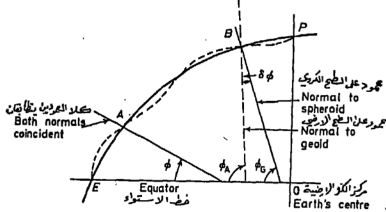
(C) السطح الكروي للاسنادTHE SPHEROID OF REFERENCE: لو كان شكل الكرة الارضية اكثر كرويا لكان الشكل الرياضي المثالي الذي يعتمد عليه في تعيين مواقع النقاط المتباعدة جدا هو الكرة. لكن الارصاد الارضية لشكل الارض قد اظهرت بأن نصف قطرها الى القطب هو اصغر من نصف القطر الى خط الاستواء بحدود العشرين كيلومتر. وهكذا ، فأبسط شكل يمكن تعريفه رياضيا والذي يناسب شكل الارض هو الشكل الناتج عن تدوير قطع ناقص (اهليج) ELLIPSE حول محوره الاصغر MINOR-AXIS ، وعندذاك يسمى الشكل الكروي المفرطح OBLATE SPHEROID ، وعند استخدام هذا الشكل في تعيين الموقع فإنه يدعى "السطح الكروي للاسناد" .

يبين (الشكل 2-29) العلاقة بين السطوح الثلاثة من خلال مقطع صغير لسطح الكرة الارضية ، حيث يوضح الشكل الخط العمود على كل من السطح الكروي والسطح الارضي في نقطةA.وقد سميت الزاوية بين هذين الاتجاهين بـ"زاوية إنحراف الشاقول DEVIIATION OF THE VERTICAL" وهي قياس لمقدار اختلاف تطابق هذين السطحين. فلو كانت ($\delta = 0$) لكان السطحان المذكوران متوازيين ، وبفرض ان السطحين غير منفصلين فإنه يجب أن يتطبقا . وهكذا فإن افضل سطح كروي يستخدم في اي بلد هو السطح الذي يعطي اصغر قيم للانحراف عن الشاقول على امتداد ذلك البلد.




شكل 2-29

إن من مهام المساح الارضي أن يجد اصلح سطح كروي للاسناد لاي بلد. وبوضع الطريقة بأبسط صيغها يمكن أن تدرج كالتالي: يوضح (الشكل 2-30) مقطعا يمر بخط الزوال للسطح الارضي وللسطح الكروي (وقد بولغ هنا بشكل السطح الارضي) ، حيث أن الزاوية التي يصنعها العمود على السطح الارضي مع خط الاستواء هي خط العرض الفلكي ASTRONOMICAL LATITUDE($\phi_A$) في المستوي الزوالي (POE) MERIDIONAL PLANE. كذلك فخط العرض الارضي GEODETIC او الكروي SPHEROID ($\phi_G$) يتكون من العمود على السطح الكروي. وبنفس الطريقة يتم التمييز بين خطوط الطول الفلكية ASTRONOMICAL LONGITUDE ($\lambda_A$) والارضية ($\lambda_G$) GEODETIC. وهكذا ستختلف الاحداثيات الفلكية لنقطة ما عن الاحداثيات الارضية او الكروية بمقدار مركبتي إنحرافها عن الشاقول بمستوييها ذي العلاقة. فمثلا ($\phi_A - \phi_G = \delta\phi$) بينما في حالة خطوط الطول يكون الانحراف ($\delta\lambda \cos\phi$)




شكل 2-30

المطلوب هو ايجاد افضل الاشكال الكروية ملاءمة بين A وB. ولتحقيق هذا، دعنا نفترض بأن الاحداثيات الفلكية والارضية متساوية عند نقطة الاصل A ، اي أن إنحرافات الشاقول تساوي صفر. فالمسوحات الارضية منA الى B ستمكن من احتساب الاحداثيات الارضية لنقطة B باستخدام سطح كروي مفترض للاسناد. ويمكن مقارنة هذه القيم مع الاحداثيات الفلكية المرصودة في B والتي تتضمن السمت الفلكي والارضي ، ومن ثم تستخرج قيم الانحراف. فإن كانت فرضيتنا نقطة الاصل والسطح الكروي خاطئة ستلاحظ إنحرافات متكررة للشاقول كلما تقدمت اعمال المسح. فكما أشير اليه سابقا ، إن افضل شكل كروي للاسناد هو الذي يعطي اقل قيم للانحراف على امتداد العمل. وتسمى محطات المسح التي تتم فيها هذه المقارنات بمحطات "لابلاس LAPLACE".

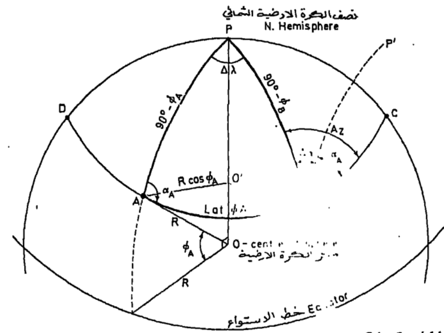
إن الحسابات على السطح الكروي للخطوط الطويلة جدا هي في منتهى التعقيد وهي خارجة عن نطاق هذا الكتاب. مع ذلك فللخطوط التي تقل عن 40كم يمكن إتباع طرق شبه تفصيلية ، وكما هو موضح في الفقرات التالية:

## 10 – 2 الحسابات على السطح الكروي
## COMPUTATION ON THE SPHEROID

### 2 – 10 – 1 اقتراب خطوط الزوال Convergence of meridians

تنسب الاتجاهات DIRECTIONS على الشكل الكروي الى خط الزوال(خط الطول)الذي يمر بالنقطة ذات العلاقة. خذ (الشكل 2-31) : A وB هما نقطتان واقعتان على سطح الكرة الارضية وP هو القطب و(BC) هو امتداد الخط (AB) كما أن ($\alpha_A$) هي سمت (AB) و($\alpha_B$) هي سمت (BA) حيث :

$$\alpha_B = \alpha_A + 180^\circ + \Delta\alpha \quad \cdots ((AP) \text{ يوازي } (BP'))$$




شكل 2-31

وهكذا فبسبب تقارب خطي الزوال(AP)و(BP) فإن سمتي (AB) الخلفي والامامي سوف لن يختلفا بمقدار 180° كما هي الحالة في المساحة المستوية ولكن بمقدار(180°+Δα)، ولمعظم الاعمال التطبيقية:

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m \quad \cdots \langle 53\text{-}2\rangle$$

حيث أن:(Δλ) هي الفرق بخط الطول من A الى B.
و($\phi_m$) هي متوسط خط العرض بين A وB وتساوي:

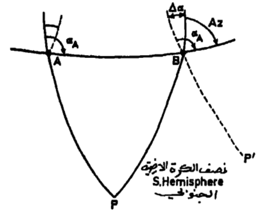
$$= \tfrac{1}{2}(\phi_A + \phi_B)$$

إن التصحيح عن التقارب هو ضروري في تحقيق الاتجاه الزاوي لخط ما فلكيا او بواسطة مزواة الجايرو GYRO-THEODOLITE. إن تأثير التقارب عند خط الاستواء يساوي صفر ويزداد بازدياد خط العرض ، وهو يكون بأعلى قيمة له MAX إذا كان الخط باتجاه (شرق – غرب).

## 2-10-2 السمت والاتجاه الزاوي Azimuth and bearing

يعرف سمت الخط بأنه اتجاهه نسبة الى الشمال الحقيقي اي نسبة الى دائرة خط الزوال المارة به. أما "الاتجاه الزاوي" للخط فهو اتجاهه نسبة الى دائرة خط الزوال المارة بنقطة اصل اعمال المسح.

وهكذا فمن (الشكل 2-31) يكون الاتجاه الزاوي لـ (BC) مساويا $\alpha_A$ بفرض أن A هي نقطة اصل اعمال المسح وأن (ABC) هو خط مستقيم ، بينما يكون $A_z$ سمت (BC) ويساوي ($\alpha_A + \Delta\alpha$). وهذه الحقيقة هي مهمة جدا في الحسابات التالية على السطح الكروي.




شكل 2-32

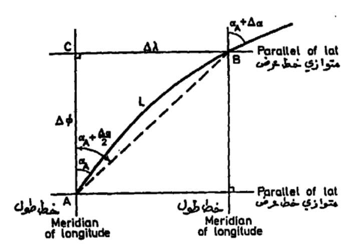
أما بالنسبة للنقاط التي تقع في نصف الكرة الارضية الجنوبي يمكن إثبات ان السمت ($A_Z$) يساوي ( $A_Z = \alpha_A - \Delta\alpha$ ).

## 2-10-3 ايجاد خط العرض وخط الطول بطريقة متوسط خطوط العرض

هنالك عدة طرق لايجاد خطوط العرض وخطوط الطول لنقاط واقعة على سطح الكرة الارضية ، وكل هذه الطرق تختلف فيما بينها باختلاف طول الخط ودرجة الضبط المطلوبة. فإذا كان العمل على الكرة ، يمكن استخدام المثلثات الكروية ، ولكن اخطاء كبيرة قد تنجم عن ذلك بسبب صعوبة ايجاد جيوب وظلال الزوايا الصغيرة في مركز الكرة الارضية المقابلة للخطوط القصيرة نسبيا على سطح الارض. وينصح هنا باستخدام طريقة متوسط خطوط العرض للخطوط القصيرة التي لا تتجاوز الـ 40 كم لكافة التمارين من هذا النوع التي توضع في إمتحانات الاختصاصات الهندسية.

خذ الخط (AB) على سطح الارض (شكل 2-33)؛ فلما كان الخط (AB) قصيرا نسبيا يمكن تمثيل خطوط الطول وموازيات خطوط العرض بخطوط مستقيمة مؤلفة بذلك مشبكا مستطيلا. والخط المنقط يمثل الموقع الوسطي بسمت متوسط [illegible] ثم يمكن حل المثلث

(ABC)قائم الزاوية بواسطة المثلثات المستوية للضلعين (AC) و(BC) اللذين يمثلان الفرق بخط العرض ($\Delta\phi$)والفرق بخط الطول($\Delta\lambda$)على التوالي:




شكل 2-33

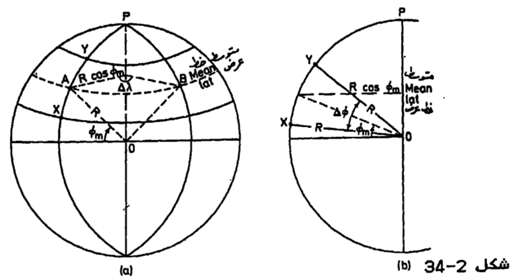
على السطح الكروي ؛ يمكن إثبات أن:

$$\Delta\lambda = \frac{L \sin \alpha_m}{\nu_m \cos \phi_m} \qquad \ldots\langle 54\text{-}2\rangle$$

$$\Delta\phi = \frac{L \cos \alpha_m}{\rho_m} \qquad \ldots\langle 55\text{-}2\rangle$$

حيث أن $\alpha_m$ هي متوسط قيمتي السمتين الامامي والخلفي بإهمال 180°، كما وأن $\nu_m$ و $\rho_m$ هما قيمتا نصفي قطري (الاكبر والاصغر) تحدب السطح الكروي عند متوسط خط العرض.

للاعمال ذات الامتداد المحدود ، يمكن استخدام سطح الكرة الذي يناسب السطح الكروي بأفضل شكل في تلك النقطة ، اي ( $R = (\nu\rho)^{\frac{1}{2}}$ ) . وهكذا من ‹الشكل 2-A34› يكون الطول (AB)مساويا ( $AB = \Delta\lambda R \cos \phi_m$ )والذي يعادل الضلع(CB) في ‹الشكل 2-33›.




شكل 2-34

$$CB = L\sin\left(\alpha_A + \frac{\Delta\alpha}{2}\right) = L\sin\alpha_m \qquad \therefore\ \Delta\lambda R\cos\phi_m = L\sin\alpha_m$$

$$= \frac{L\sin\alpha_m}{R\cos\phi_m}\ \text{(rad)} \qquad \langle A56\text{-}2\rangle$$

وبنفس الطريقة في <الشكل B34-2> يكون الطول( $Y = R\Delta\phi$ ؛ والذي يعادل الضلع(AC)في <الشكل 2-33>.

$$C = L\cos\alpha_m \qquad \therefore\ L\cos\alpha_m = R\Delta\phi$$

$$\Delta\phi = \frac{L\cos\alpha_m}{R}\ \text{(rad)} \qquad \ldots\langle B56\text{-}2\rangle$$

وستوضح الامثلة التالية التطبيقات المختلفة للمعلومات اعلاه.

## امثلة محلولة

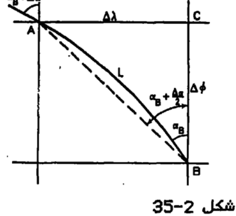
مثال 2-17: ادناه خطوط عرض وطول المحطتين A وB ، مع المسافات على سطح الارض التي تقابل"1 من خط العرض وخط الطول. اوجد سمتي الخطين(AB) و(BA) والمسافة (AB).

| المحطة | خط عرض ° ′ ″ | خط طول ° ′ ″ | خط عرض ° ′ | المسافة على سطح الارض: خط عرض "1 | المسافة على سطح الارض: خط طول "1 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | N54 52 30 | W2 08 50 | 54 50 | 30.44M | 17.57M |
| B | N54 51 42 | W2 02 33 | 54 55 | 30.44M | 17.53M |

(جامعة لندن)

الحل

ملاحظة للطالب: حيث ان خطوط الزوال ومتوازيات خطوط العرض تؤلف وحدة مستطيلة معرّفة بذلك اتجاهي (الشمال-جنوب)و(الشرق-غرب)، فإن الطالب يمكن ان يجد من السهل عليه استخدام منظومة الاتجاه الزاوي الربعي QUADRANT BEARING في حل هذه التمارين.




شكل 2-35

شكل 2-36

من الشكل (2-35) : معدل خط العرض $\phi_m$ يساوي $N\ 54°52'06"$
$\Delta\phi = 48"$ ، $\Delta\lambda = 05'32"$

إذن ستكون $(\Delta\phi)$ بوحدات المسافة الطولية على سطح الارض باستخدام الجدول المعطى في السؤال:
$= 48" \times 30.44M = 1461.12M$

وبنفس الطريقة بالنسبة لـ $(\Delta\lambda)$ ، ولكن قبل ذلك يجب إجراء تقريب في الجدول لايجاد قيمة "1 من خطوط الطول على خط عرض مقداره $\phi_m$ .
إذن عند $54°52'06"$ فإن "1 من خطوط الطول تساوي:
$= 17.57M - (0.04/300") \times 126" = 17.55M$
$\therefore \Delta\lambda = 332" \times 17.55 = 5826.60M$

في المثلث المستوي (ABC) :

$$\tan^{-1}\left(\alpha_B + \frac{\Delta\alpha}{2}\right) = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\phi} = \frac{5826.60}{1461.12}$$

$$\therefore (\alpha_B + \Delta\alpha/2) = N\ 76°\ 20'\ 22''\ W = \alpha_m$$

والآن :

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin\phi_m = 332'' \sin 54°\ 52'\ 06'' = 04'\ 32''$$

$\therefore \alpha_B = 76°\ 20'\ 22'' - 02'\ 16'' = N\ 76°\ 18'\ 06''\ W$

$\therefore$ (سمت $(BA)$ في B ) (مقاس باتجاه عقرب الساعة من الشمال) $= 283°\ 41'\ 54''$

(سمت $(BA)$ في A) $= N\ (\alpha_B + \Delta\alpha)\ W = N\ 76°\ 22'\ 38''\ W$

$\therefore$ (سمت $(AB)$ في A) $= S\ 76°\ 22'\ 38''\ E = 103°\ 37'\ 22''$

الطول (AB) : $AB = \Delta\phi \sec\alpha_m = 1461.12 \sec 76°\ 20'\ 22'' = 6186.75\ m$

غالبا ما تأخذ هذه التمارين شكل احتساب خط العرض والطول للمحطة B من خط عرض وخط طول النقطة A ومن سمت (AB) والمسافة (AB)، فمن الواضح إذن أن متوسط خط العرض هو غير معروف ، وهكذا لا يمكن احتساب مقدار اقتراب خطوط الزوال $(\Delta\alpha)$. فالحل إذن يأخذ شكل تقريبات متتالية .

مثال 2-18: للمحطة التثليثية P خط عرض (45°05'00"N) وخط طول (90°10'11"W) والمسافة من P الى المحطة التالية Q هي 7600م. وسمت الخط (PQ) في P هو (140°30'04") ، والجدول ادناه يعطي الاطوال a و b بالامتار على سطح الارض لتغيرات مقدارها "1 بخط العرض وبخط الطول على التوالي. اوجد خط عرض وخط طول النقطة Q الى اقرب ثانية ، كذلك اوجد زاوية السمت لـ (QP) في Q.

| خط العرض ° ' " | الطول (متر) | الطول (متر) |
|---|---|---|
| 45 00 00 | 30.384 12 | 21.558 21 |
| 45 05 00 | 30.384 57 | 21.526 98 |

(جامعة لندن)

الحل

راجع (الشكل 2-36)

التقريب الاول /

سمت(PQ): $= A_Z = 140° 30' 04''$

$$\alpha_p = 50° 30' 04''$$

$$\Delta\phi'' = \frac{L \cos \alpha_p}{a}$$

حيث قد اخذت قيمة a في $\phi_p$ .

$$\therefore\ \Delta\phi = \frac{7600 \cos 50° 30' 04''}{30.384\ 57} = 159.14''$$

$$\phi_m = \phi_p - \frac{\Delta\phi}{2} = (45° 05' 00'') - 80'' = 45° 03' 40''$$ (شمالا)

ولكن: $\Delta\lambda'' = \frac{L \sin \alpha_p}{b}$ (حيث ان قيمة b هي عند $\phi_m$)

ايضا: $b = 21.558\ 21 - \frac{(0.031\ 23 \times 220'')}{300''} = 21.535\ 31\ \text{m}$

$$\therefore\ \Delta\lambda = \frac{7600 \sin(50° 30' 04'')}{21.535\ 31} = 272.4''$$

إذن مقدار الاقتراب يساوي:

$$= \Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 272.4 \sin 45° 03' 40'' = 192.8''$$

التقريب الاخير/

$$\alpha_p + \frac{\Delta\alpha}{2} = 50° 30' 04'' = 50° 31' 40''$$

$$\Delta\phi = \frac{L \cos(\alpha_p + \Delta\alpha/2)}{a}$$ (حيث ان a قد اخذت لـ$\phi_m$)

$$a = 30.384\ 12 + \frac{0.000\ 45 \times 220''}{300''} = 30.384\ 45\ \text{m}$$

$$\therefore\ \Delta\phi = \frac{7600 \cos 50° 31' 40''}{30.384\ 45} = 159.05''$$

يمكن الآن رؤية ان التغيير في ($\Delta\phi$) هو ضئيل ومهمل.

$$\therefore\ \Delta\lambda'' = \frac{L \sin(\alpha_p + \Delta\alpha/2)}{b}$$

حيث ان قيمة b هي كما في التقريب الاول.

$$\therefore\ \Delta\lambda = \frac{7600 \sin 50° 31' 40''}{21.535\ 31} = 272.5''$$

واعتياديا يعاد احتساب ($\Delta\alpha$) باستخدام القيم النهائية لـ($\Delta\lambda$) و($\phi_m$).

إذن خط عرض Q: $= 45° 05' 00''\ N - 02' 39'' = 45° 02' 21''\ N$

وخط طول Q: $= 90° 10' 11''\ W - 04' 32'' = 90° 05' 39''\ W$

والسمت عند Q: $= 90° + (\alpha_p + \Delta\alpha) = 140° 30' 04'' + 192.8'' = 140° 33' 17''$

إذن زاوية سمت (QP) في Q: $= 140° 33' 17'' + 180° = 320° 33' 17''$

مثال 2-19: المطلوب إنشاء الخط المستقيم (AB) الذي يؤلف جزءا من حدود قطعة ارض طلب تثبيتها. علما بأن الاحداثيات الجغرافية للنقطتين A وB كما يلي:

| النقطة | خط العرض | خط الطول |
| --- | --- | --- |
| A | 34°40′28″S | 148°12′02″E |
| B | 34°44′05″S | 148°04′20″E |

المطلوب إنشاء الخط من A ومن B في وقت واحد بحيث يتصل الجزءان في مكان ما بين النقطتين. اوجد زاوية السمت لكل من جزئي الخط واشرح باختصار الطريقة التي يجب ان تستخدم في تثبيت هذه الزوايا السمتية. افرض بأن متوسط قيمة نصف قطر الارض ($6.37 \times 10^6$).
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

في (الشكل 2-37) ؛ لما كان الخط هو في النصف الجنوبي من الكرة الارضية فإن الاقتراب CONVERGENCE هو سالب.

$\therefore \Delta\alpha = \Delta\lambda'' \sin\phi_m = 462'' \sin 34° 42' 16'' = 263'' = 4' 23''$

من (الشكل 2-A34) يتبين بأن : $\Delta\lambda = \Delta\lambda'' R \cos\phi_m$

إذن في (الشكل 2-37) $AC = \dfrac{462'' \times 6.37 \times 10^6 \times \cos 34° 42' 16''}{206\ 265} = 11\ 730 \text{ m}$

وبنفس الطريقة في (الشكل 2-B34): $\Delta\phi = \Delta\phi'' \times R$ (الطول)

$$BC = \frac{6.37 \times 10^6 \times 217''}{206\ 265} = 6700 \text{ m}$$

لاحظ جيدا : في كلتا الحالتين تم تحويل ($\Delta\lambda$) و($\Delta\phi$) الى زوايا قطرية.

إذن في المثلث(ABC) : $\tan(\alpha_B - \Delta\alpha/2) = \dfrac{AC}{BC} = \dfrac{11\ 730}{6700} = 60° 15' 32''$

إذن($\alpha_B$)تساوي:

(زاوية سمت(BA)فيB) $\therefore \alpha_B = 60° 15' 32'' + 2' 11'' = 60° 17' 43'' =$

إذن سمت (BA) في A يساوي: $= \alpha_B - \Delta\alpha = \text{N } 60° 13' 20'' \text{ E}$

إذن سمت (AB) في A يساوي: $= \text{S } 60° 13' 20'' \text{ W} = 240° 13' 20''$

مثال 2-20: تم إنشاء مضلع بعشرة اضلاع من A الى K الى الى جانب خط مروري سريع باتجاه الشرق تقريبا . وقد تم توجيه المضلع بواسطة مزواة جايرو وضعت في A. أُحتسب الاتجاه الزاوي للجزء الاخير(JK) فكان (87°43′02″).وقد اعطت رصدة مشابهة زاوية سمت مقدارها 87°50′48″ لـ(JK) في K. وكان مجموع البعد السيني DEPARTURE (AK) - من الاحداثيات - 545 12 م ومتوسط خط العرض (N52°20′20″).

اوجد التعديلات الزاويّة للاتجاهات الزاويّة لاضلاع المضلع. علما بأن نصف قطر الارض يساوي($6.37 \times 10^6$M).
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

إقتراب دائرتي خطي الزوال يساوي: $= \Delta\alpha'' = \Delta\lambda'' \sin\phi_m$

من (الشكل 2-A34): $\Delta\lambda'' = \frac{L}{R\cos\phi_m} \times 206\,265$

$$\therefore\ \Delta\alpha'' = \frac{L\tan\phi_m}{R} \times 206\,265 = \frac{12\,545 \tan 52°\,20'\,20''}{6.37 \times 10^6} \times 206\,265 = 526'' = 08'\,46''$$

سمت(JK)من مزواة الجايرو: $= 87°\,50'\,48''$ = الاتجاه الزاوي(JK) + $\Delta\alpha$

إذن الاتجاه الزاوي الحقيقي لـ(JK):
= 87°50′48″ - 08′46″ = 87°42′02″

والاتجاه الزاوي المحتسب لـ(JK): = 87°43′02″

إذن الخطأ يساوي (+ 01′00″).

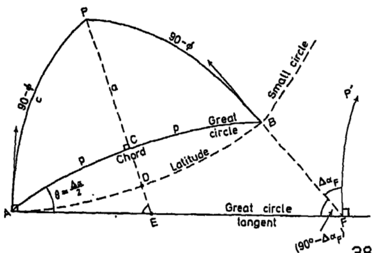
فالتصحيح يساوي (-6″)لكل زاوية والذي سيوزع تراكميا على الاتجاهات الزاوية كما يلي: الاتجاه الزاوي الاول (-6″)والاتجاه الزاوي الثاني(-12″)والثالث(-18″) و... والعاشر(-60″).

## 2-11 انشاء متوازيات خطوط العرض

## SETTING OUT PARALLELS OF LATITUDE

غالبا ما كان تعيين موقع حدود الارض باستقامة متوازيات خطوط العرض يكوّن اسئلة امتحانية في الماضي. وهنالك طريقتان للحل :

### 2-11-1 طريقة المماس Tangent method




شكل 2-38

في (الشكل 2-38) يتم تثبيت المماس (AF) من A وذلك بإنشاء زاوية مقدارها 90° من الشمال الحقيقي . وتنشأ الازاحتان(ED) و(FB)من المماس باتجاه خط الزوال ، اي بزاوية مقدارها ($90°-\Delta\alpha$)، لتحديد موقع الخط الموازي في D و B والخ. ويمكن استنتاج معادلة احتساب الازاحات باستخدام "قوانين نابيير "NAPIER′S RULES في المثلث الكروي قائم الزاوية (PCA) : $\sin(90° - P\hat{A}C) = \tan p \tan(90° - c)$

فإذا كان (AB=L) فإن القيمة الزاوية لـ P هي (p=L/2R)

وأن : (خط العرض المقاس من القطب ($90°-\phi$) $c$ = (CO-LATITUDE

ثم أن : $\hat{PAC} = (90° - \theta)$

$$\therefore \ \sin\theta = \tan(L/2R)\tan[90° - (90° - \phi)]$$

والتي في حالة كون $\theta$ و p صغيرتين يمكن كتابتها :

$$\theta = \frac{L\tan\phi}{2R}$$

وحيث أن الطول (AB ≈ AF) فإن :

$$BF = AB\theta = L\theta = \frac{L^2\tan\phi}{2R} \qquad ...(57-2)$$

للازاحات OFFSETS على السطح الكروي SPEROID: $R = \nu$.

يمكن إثبات أن الازاحات تتناسب طرديا مع مربع المسافة L على طول المماس.

## 2-11-2 طريقة الوتر Chord method

في (الشكل 2-38) تم إنشاء الوتر (ACB) لمتوازي خط عرض من A بأخذ الزاوية ($90°-\theta$) من الشمال الحقيقي . فمن المثال المحلول (رقم 2-20) صحيفة 160:

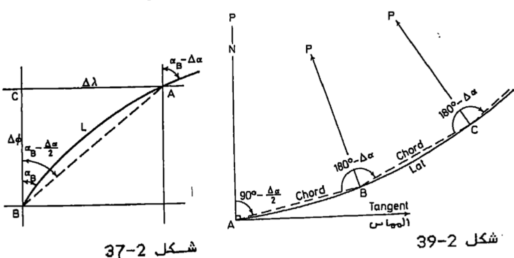
$$\Delta\alpha = \frac{L\tan\phi}{R}$$

ولكن :

$$\theta = \frac{L\tan\phi}{2R}$$

$$\therefore \ \theta = \frac{\Delta\alpha}{2} \qquad ...(58-2)$$

وهكذا ، وحيث قد تم احتساب($\Delta\alpha$)باستخدام الطول المعين L ، فإن قياس هذه المسافة من A على امتداد خط النظر سيعيّن النقطة B على متوازي خط العرض .




شكل 2-37

شكل 2-39

يمكن تعيين نقاط وسطية لتعيين موقع الخط المتوازي وذلك بإنشاء إزاحات OFFSETS من الوتر في(الشكل 2-38) حيث أن (CD) هي اكبر إزاحة ، والازاحات متساوية البعد الى كل من جانبي (CD) تكون متساوية بالطول . أما معادلة الازاحة فهي كالتالي:

$$CD = CE - ED = \left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)l_1 - \left(\frac{l_1^2 \tan\phi}{2R}\right)$$
$$= l_1\left(\frac{L \tan\phi}{2R}\right) - \left(\frac{l_1^2 \tan\phi}{2R}\right)$$
$$= \frac{l_1(L - l_1)\tan\phi}{2R} \qquad \cdots \text{(A59-2)}$$

إن (المعادلة A59-2) هي المعادلة العامة للازاحات ، وحيث أن (CD) هي اكبر إزاحة فإن ($l_1 = L/2$)؛

$$(\text{اكبر إزاحة}) = \frac{\frac{1}{2}L(L - L/2)\tan\phi}{2R} = \frac{L^2 \tan\phi}{8R} \qquad \cdots \text{(B59-2)}$$

بالامكان تعيين اوتار أخرى بطريقة مماثلة لانشاء المنحنى البسيط وكما هو مبين في (الشكل 2-39).

## امثلة محلولة

مثال 2-21: برهن بأن لقوس الدائرة العظمى ذي الطول D (صغير مقارنة بنصف قطر الكرة الارضية) الواصل بين نقطتين واقعتين على خط عرض واحد $\phi$ زاويتين سمتيتين عند نهايتيه تختلفان عن 90° و 270° بمقدار $\alpha$ بحيث ($\sin\alpha = (D/2R)\tan\phi$) ، حيث ان R هو نصف قطر الارض، بين ايضا بأن اكبر إزاحة $\Delta$ من الدائرة العظمى الى خط العرض تعطى من المعادلة:

$$\Delta(\text{الازاحة}) = \frac{D^2}{8R}\tan\phi$$

من موقع ذي خط عرض (42°N)، المطلوب إنشاء دائرة عظمى الى موقع يبعد 12كم شرقا وبنفس خط عرض نقطة الابتداء. ماذا يجب ان تكون زاوية سمت الخط في نقطة بدايته؟ وماذا ستكون اكبر مسافة من الدائرة العظمى الى خط العرض؟ خذ نصف قطر الارض مساويا الى 6390كم.
(جامعة لندن)

الحل

راجع (الفقرة 2-10) لاجابة الجزء الاول من السؤال.
زاوية سمت الخط في نقطة بدايته يساوي: $= 90° - (\Delta\alpha/2)$

حيث أن ($\Delta\alpha/2$) :

$$\frac{\Delta\alpha}{2} = \frac{L\tan\lambda}{2R} = \frac{12\tan 42° \times 206\,265}{2 \times 6390} = 174''$$

إذن زاوية السمت تساوي 06 57 °89. واكبر إزاحة $\Delta$:

$$\Delta = \frac{12^2 \tan 42°}{8 \times 6390} = 2.536 \text{ m}$$

مثال 2-22: المطلوب إنشاء خط طوله 3كم بخط عرض (51° 30′N) بوضع احجار حدود على مسافات مقدارها 1كم.

فإذا علمت بأن "1 من خط الطول تقابل 18.986 م على سطح الارض عند خط عرض (N´30°51)، اوجد المعلومات المطلوبة وبين كيف يمكنك إنشاء الحدود إذا عرفت الشمال الحقيقي في بداية الخط .      (جامعة لندن)

الحل

طريقة الوتر

الفرق بخطوط الطول ($\Delta\lambda$): $\Delta\lambda = 3000/18.986 = 158''$

الاقتراب ($\Delta\alpha$): $\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 158'' \sin 51°\ 30' = 124''$

انشئ زاوية مقدارها ("58´58°89=2/$\Delta\alpha$ - °90) من الشمال الحقيقي عند نقطة البداية وثبت علامات على مسافات مقدارها 1كم ولمسافة 3كم، ولتثبيت احجار الحدود على المتوازي على مسافة 1 كم و 2 كم ستكون الازاحتان متساويتين حيث انهما متساويتا البعد عن كل من جانبي اكبر إزاحة.

من (الشكل A34-2)؛ إذا كانت("1=$\Delta\lambda$)فإن (AB=18.986M)، وهكذا فبالزوايا القطرية؛

$$R \cos \phi \Delta\lambda = 18.986 \text{ m}$$

$$\therefore\ R = \frac{18.986 \times 206\ 265}{\cos 51°\ 30'} = 6\ 290\ 848 \text{ m}$$

إذن ستكون الازاحة OFFSET عند المسافة 1كم و2كم من (المعادلة A59-2) مساوية؛

$$= \frac{1000(3000 - 1000) \tan 51°\ 30'}{2 \times 6\ 290\ 848} = 0.200 \text{ m}$$

طريقة التماس

انشئ الزاوية °90 من الشمال الحقيقي لتعيين خط المماس ؛

الازاحة عند المسافة 1كم :

$$= \frac{l_1^2 \tan \phi}{2R}$$

$$= \frac{1000^2 \tan 51°\ 30'}{2 \times 6\ 290\ 848} = 0.100 \text{ m.}$$

الازاحة عند المسافة 2كم تساوي 0.400م

الازاحة عند المسافة 3كم تساوي 0.900م

فيجب قياس هذه الازاحات باتجاه خط الزوال ، اي بزوايا مقدارها ($\Delta\alpha$ - °90) من المماس.

إذن($\Delta\alpha$)عند المسافة 1كم تساوي؛

$$= \frac{L \tan \phi}{R} = \frac{1 \times \tan 51°\ 30'}{6\ 290\ 848} \times 206\ 265 = 0.04''$$

($\Delta\alpha$) عند المسافة 2كم تساوي "0.08

($\Delta\alpha$) عند المسافة 3كم تساوي "0.12

## 12-2 الاسقاط الميركاتوري العرضي ( TMP )
## TRANSVERSE MERCATOR PROJECTION

بعد تحديد مواقع النقاط من إحداثياتها الكروية Ø و λ على السطح الكروي للاسناد SPHEROID OF REFERENCE يجب إعداد خارطة على سطح مستوي . وهنا يجب استخدام افضل إسقاط يلائم متطلبات البلد الذي يطلب إعداد خرائطه.

إن إسقاط الخارطة هو واسطة لتمثيل خطوط العرض والطول للارض الكروية على قطعة ورق مستوية. والخطوط الناتجة هذه تؤلف ما يسمى بالمشبك GRATICULE.

طالما انه من المستحيل تمثيل سطح منحني على سطح مستوي ، فإنه لا يوجد شيء اسمه إسقاط مثالي. مع ذلك ، فهنالك إسقاطات معينة تفي بمطاليب معينة.

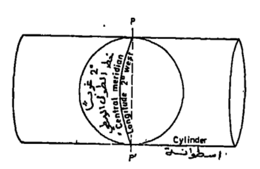
في الجزر البريطانية ، إعتمدت مصلحة المساحة السطح الكروي الجوي AIRY'S SPHEROID كسطحها الكروي للاسناد والذي :

نصف محوره الاستوائي يساوي 6 377 563.4 م

ونصف محوره القطبي يساوي 6 356 256.9 م

في حالة الاسقاط ، كان المطلب الاساس لمصلحة المساحة هو ان المقياس SCALE في اية نقطة من الاسقاط يكون متساوي في جميع الاتجاهات. ونتيجة لهذا المطلب فإن المساحات الصغيرة على الارض تحافظ على شكلها الحقيقي على الخارطة،والزوايا المحتسبة من الاحداثيات المتعامدة تنطبق تقريبا تماما مع الزوايا المرصودة على الارض. وكذا إسقاطات تسمى "الاسقاطات الشكلية المتعامدة ORTHOMORPHIC PROJECTIONS". فبأخذ هذا بنظر الاعتبار زائدا حقيقة ان هذه الاسقاطات تلائم وبشكل ممتاز شكل البلد الذي يمتد الجزء الاكبر منه باتجاه الشمال - جنوب ، لذلك فقد تم استخدام الاسقاط الميركاتوري العرضي (TMP).

إن الاسقاط الميركاتوري العرضي هو إسقاط اسطواني كما مبين في (الشكل 2-40)، حيث تكون الاسطوانة بتماس مع الارض على طول خط الزوال ، ويتم إسقاط خطوط العرض



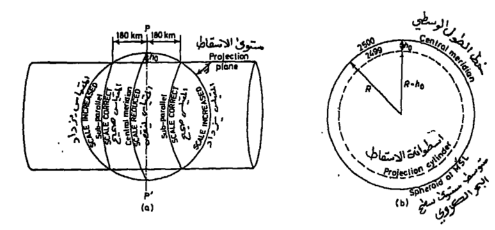

شكل 2-40

والطول على الاسطوانة من نقطة مصدر واقعة في مركز الكرة الارضية. ويتم تحقيق الحالة الشكلية المتعامدة ORTHOMORPHISM بمط المقياس باستقامة خطوط الزوال لمجاراة الزيادة الحاصلة في المقياس على طول المتوازيات. فبفتح الاسطوانة ووضعها بشكل مستوي فإن خطوط العرض والطول ستؤلف شبكة من المنحنيات المعقدة المتقاطعة مع بعضها بزوايا قائمة ، حيث يكون خط الزوال فيها مستقيما.

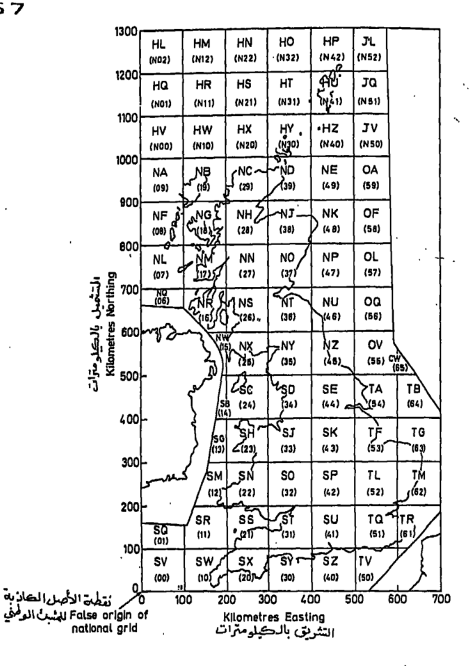
إنه واضح من (الشكل 2-40) بأن المقياس ، وهو النسبة بين المسافة على الخارطة الى المسافة على الارض ، سيكون صحيحا فقط على طول خط الزوال حيث تلامس الاسطوانة الارض. وهكذا يكون معامل مقياس الاسقاط على طول خط الزوال الوسطي الملامس مساويا وحدة UNITY. ولما كان معامل المقياس يتغير بموجب مربع المسافة من خط الزوال الوسطي ، يمكن إثبات ان معامل المقياس (SF) يساوي 90 000 .1 على بعد 270كم شرقا او غربا.

إن خط الزوال المعتمد للجزر البريطانية هو خط الطول °2 غربا ، ونقطة تقاطع خط الزوال هذا مع متوازي خط العرض °49 شمالا هي نقطة الاصل الحقيقية للاسقاط.

مع هذا ولاجل تقليل خطأ المقياس عند النهايات الشرقية والغربية للبلد فقد تم تقليل المقياس عند دائرة خط الزوال الوسطي بنسبة (2499/2500) بشكل مطلق، وهذا يؤثر في جعل المقياس أصغر بنسبة (0.04%) عند خط الزوال الوسطي وأكبر بنسبة (0.04%) عند السواحل الشرقية والغربية للبلد. إن النتيجة الظاهرية لتقليل المقياس عند خط الزوال الوسطي هي تقليل قطر اسطوانة الاسقاط وكما هو مبين في (الشكل 2-41)، وهكذا يكون معامل المقياس عند خط الزوال الوسطي مساويا 27 601 0.999 ويساوي وحدة UNITY على مسافة 180كم الى الشرق والى الغرب من خط الزوال الوسطي.




شكل 2-41




شكل 2-42: منظومة الاسناد الوطنية لبريطانيا العظمى تظهر مربعات طول ضلعها 100 كم بالارقام المستخدمة لتسميتها في المنظومة السابقة، والاحرف التي حلت محل الارقام.

## 13 – 2 المشبك الوطني THE NATIONAL GRID

كانت قد اوصت هيئة دافدسون DAVIDSON MOMMITTEE المؤسسة سنة1935 لدراسة خرائط ومخططات مصلحة المساحة بتطبيق المشبك الوطني (N.G.) على كافة خرائط مصلحـة المساحة، وقد نتج عن ذلك توفير منظومة إسناد واحدة للبلد بكامله يمكن تعيين موقع نقطة عليها بواسطة "الاحداثيات المستوية المتعامدة PLANE RECTANGULAR CO-ORDINATES"، وقد تم تحديد موقع نقطة اصل المشبك الوطني 000 400م الى غرب و000 100م الى شمال نقطة الاصل الحقيقية،مما يجعل إحداثيات النقطة موجبة دائما، وهكذا يتم تعريفها وتشميلها .

وكما هو مبين (بالشكل 2-42) فإن المشبك هو عبارة عن سلسلة من الخطوط الموازية لخط الزوال الوسطي والعمودية عليه للاسقاط الميركاتوري العرضي . وهكذا فعند خط الزوال الوسطي يكون شمال المشبك هو نفس الشمال الحقيقي او الجغرافي . ولو ان شمال المشبك سيختلف عن الشمال الحقيقي الى شرق والى غرب خط الزوال الوسطي بمقدار يتغير حسب اقتراب خطوط الزوال من خط الزوال الوسطي .

## 14 – 2 معاملات المقياس SCALE FACTORS

لقد تم تفسير مصادر معاملات المقياس بشكل متكامل، وبقي فقط تعريفها بخصوصية اكثر ، وهكذا :

$$F = G/S \qquad ...(60-2)$$

حيث ان:

F هي معامل المقياس المحلي LOCAL SCALE FACTOR (LSF)

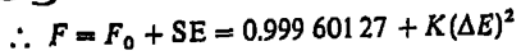
G هي المسافة على المشبك (كما هي محتسبة من إحداثيات المشبك الوطني)

S هي المسافة على السطح الكروي عند متوسط مستوى سطح البحر (MSL).

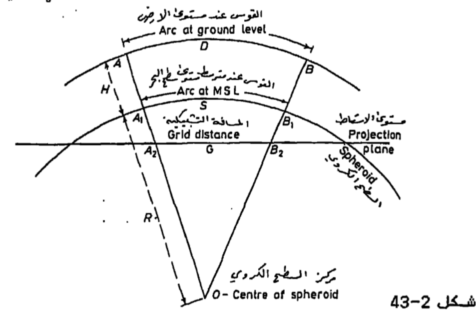
يبين (الشكل 2-43) العلاقة بين هذه المسافات المختلفةويفيد في توضيح تطبيق معامل المقياس المحلي.

يمكن استخراج معادلة شبه دقيقة لقيمة F وكمايلي: خطأ المقياس SCALE ERROR (SE) هو الفرق بين معامل المقياس (F) في اية نقطة ومعامل المقياس ($F_0$) عند خط الزوال الوسطي ، ويتغير بموجب مربع المسافة من خط الزوال الوسطي. وهكذا ($SE=K(\Delta E)^2$) حيث ان ($\Delta E$) هي الفرق بين تشريق النقطة ذات العلاقة وتشريق خط الزوال الوسطي ، اي:

$$\Delta E = (E - 400\,000) \text{ m.}$$



$$\therefore\ F = F_0 + SE = 0.999\,601\,27 + K(\Delta E)^2$$




شكل 2-43

علما بأن( $F_0$ ) هي معامل المقياس المحلي عند خط الزوال الوسطي وتساوي 27 601 0.999 .

خذ نقطة تقع على مسافة 000 180م الى شرق او الى غرب خط الزوال الوسطي ، فإن قيمة F لهذه النقطة تساوي 1 ، وهكذا :

$$1.000\,000\,00 = 0.999\,601\,27 + K(180\,000)^2 \qquad \therefore\ K = 1.228 \times 10^{-14}$$

ومن ثم:

$$F = 0.999\,601\,27 + [1.228 \times 10^{-14} \times (E - 400\,000)^2] \qquad \ldots(61\text{-}2)$$

وهكذا فإن قيمة F لنقطة بإحداثيات (638 824 E)متر و (309 912 N)متر على المشبك الوطني تساوي :

$$=0.999\,601\,27+(1.228 \times 10^{-14} \times 238\,824\ ) = 1.000\,301\,6$$

توصي مصلحة المساحة البريطانية بأن للاعمال الدقيقة جدا يجب احتساب معامل المقياس المحلي عند كل من نهايتي الخط وفي الوسط ، وتستخرج القيمة الوسطية من قانون سمسون SIMPSON RULE. مع ذلك ، يكفي احتساب معامل المقياس المحلي عند نقطة وسط الخط لكافة الاغراض العملية.

من الضروري جدا فهم ان معامل المقياس يرتبط فقط بالمسافات التي هي على السطح الكروي SPHEROID بمتوسط مستوى سطح البحر وبالمسافات التشبيكية على الاسقاطات. وهكذا فأول خطوة هي أن تُحوَّل المسافات الافقية على الارض الى ما يقابلها عند متوسط مستوى سطح البحر(MSL) قبل تطبيق معامل المقياس المحلي(LSF) عليها لتحويلها الى مسافات تشبيكية. أما تطبيق معادلة تصحيح الارتفاع فقد تم شرحه في (الفقرة 2-1-3-6).

## 2 – 14 – 1 تطبيق معاملات المقياس

"تحويل المسافات التشبيكية الى ارضية" :

إن اية مسافة تحتسب من إحداثيات المشبك الوطني ستكون مسافة تشبيكية GRID DISTANCE، فإذا اُريد إنشاء هذه المسافة على الارض يجب :

(A) اُن تقسم على معامل المقياس المحلي لتعطي المسافة الكروية عند (MSL) ، اي (S=G/F).
(B) اُن يجري عليها تصحيح الارتفاع لتعطي المسافة الافقية على الارض .

خذ النقطتين A و B بإحداثياتهما التالية:

A: E 638 824.076 N 307 911.843
B: E 644 601.011 N 313 000.421

$\therefore \Delta E = 5\ 776.935$ ر $\Delta N = 5\ 088.578$

إذن فإن المسافة التشبيكية ستساوي:

$= ((\Delta E)^2 + (\Delta N)^2)^{1/2} = 6\ 698.481$ (متر) $= G$

تشريق نقطة وسط (AB) هو (E 641 712) متر.

$\therefore F = 1.000\ 318\ 8$ ...(من المعادلة 2-61)

إذن المسافة الكروية S عند متوسط مستوى سطح البحر:

$S = G/F = 7\ 696.027$ (متر)

والان بفرض اُن ارتفاع (AB) الذي هو H فوق متوسط ارتفاع سطح البحر يساوي 250م فإن تصحيح الارتفاع $C_m$ يكون:

$$C_m = \frac{SH}{R} = \frac{7696 \times 250}{6\ 384\ 100} = +0.301\ \text{m}$$

إذن المسافة الافقية بمستوى سطح الارض :
$S+C_m = 7696.328$ M.

"تحويل المسافة الارضية الى شبكية" :

عند ربط المسوحات بالمشبك الوطني فإن المسافات الافقية المقاسة على الارض يجب اُن :
(A) تحول الى ما يقابلها على السطح الكروي بمتوسط مستوى سطح البحر (MSL) .
(B) "تضرب" بمعامل المقياس المحلي (LSF) لاستخراج المسافة المقابلة لها على المشبك ، اي (G=S × F).

خذ الان المثال السابق محلولا بالعكس :

المسافة الافقية على الارض تساوي: $= 7\ 696.328M$
تصحيح الارتفاع ($C_m$) : $C_m = -\ 0.301M$

إذن المسافة الكروية S بـ(MSL) : $S = 7\ 696.027M$

كما أن F : $F = 1.000\ 318\ 8$
إذن المسافة التشبيكية G : $G = S \times F = 7\ 698.481\ M$

وتتبسط الحسابات اعلاه كثيرا إذا جرى تركيب تصحيحي معامل المقياس المحلـي والارتفاع ليعطيان معامل مقياس محلي معدل ADJUSTED لمتوسط الارتفاع MEAN ELEVATION.
وهذا يمكن أن يتم بالشكل التالي (شكل B41-2):

معامل المقياس المحلي عند خط الزوال الوسطي ($F_0$) :

$F_0$ = (المسافة التشبيكية) = (المسافة الكروية)/(المسافة التشبيكية) = $(R - h_0)/R$

$$\therefore\ h_0 = R(1 - F_0).$$

وفي اي موقع على السطح الكروي SPHEROID :

$$h = R(1 - F) \qquad \ldots(62\text{-}2)$$

رجوعا الى (الشكل A41-2) يتضح بأنه عندما تكون (F<1) يكون السطح الكروي "فوق" مستوى الاسقاط وتكون $h$ موجبة. وعندما تكون (F>1) يكون السطح الكروي "تحت" مستوى الاسقاط وتكون $h$ "سالبة". خذ الخط (AB) مرة ثانية والذي قيمة F فيه تساوي 1.000 318 7 (شكل 2-44) ، فإن ارتفاع مستوى الاسقاط فوق او تحت (MSL) عند نقطة وسط (AB) يساوي $h$،

حيث: $h = R(1 - F) = 6\ 384\ 100(1 - 1.000\ 318\ 7) = -2034.6M$

إذن قيمة F عند (MSL) : $= 1.000\ 318\ 7$

وقيمة F عند مستوى الاسقاط: $= 1.000\ 000\ 0$

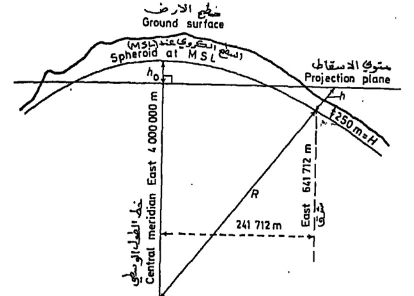
إذن الفرق في قيمة F ، اي ($\Delta F$) : $= 0.000\ 318\ 7$

وبالتناسب فإن F على ارتفاع 250م فوق (MSL) ، اي ($F_a$) :

$$F_a = F \pm \frac{\Delta F \times H}{h} \qquad \ldots(63\text{-}2)$$

$$= 1.000\ 318\ 7 - \frac{0.000\ 318\ 7 \times 250}{2034.6}$$

$$\therefore\ F_a = 1.000\ 279\ 5$$




شكل 2-44

سوف يتبدد الشك حول علامة هذا التصحيح لقيمة F بالنظر الى الشكل 2-44. فالنقطة ذات العلاقة لها عامل مقياس محلي (LSF) قيمته 1.000 318 7 عند (MSL).
وهكذا يجب ان يقع مستوى الاسقاط "فوق" (MSL). وحيث ان الارض هي الان 250م فوق (MSL) فهي تقترب اكثر من مستوى الاسقاط وهكذا تقترب اكثر من 1 (UNITY)، وهكذا يكون تصحيح 1.000 318 7 سالبا معطيا 1.000 279 5. خذ الان خط الزوال الوسطي حيث يكون (LSF) عند (MSL) مساويا 0.999 6. فإذا كانت الارض فوق (MSL) فإنها ستكون ابعد عن مستوى الاسقاط، وهكذا يبتعد (FSL) عن 1 اكثر عند مستوى الارض، وهكذا يكون تصحيح F سالبا مرة أخرى. أما إذا كان الموقع موضوع البحث تحت (MSL) كما يحدث عادة في اعمال المناجم والانفاق، فإن التصحيح يكون موجبا.

في الوقت الذي يكون فيه فهم المبادئ مهما، يمكن حذف هذه الاعتبارات بتركيب المعادلتين 2-62 و63 لاعطاء:

$$F_a = F(1 - H/R) \quad \ldots (2-64)$$

حيث أن H هو ارتفاع الارض نسبة الى (MSL) وهي موجبة عندما تكون فوق (MSL) وسالبة عندما تكون تحته.

$$\therefore F_a = 1.000\ 318\ 7(1-(250/6\ 384\ 100)) = 1.000\ 279\ 5$$

من الضروري تطبيق معاملات المقياس المحلي على المسوحات المطلوب ربطها بالمشبك الوطني فقط والعكس بالعكس، اي عندما يطلب إحتساب المسافات المثبتة على الارض من قيم إحداثيات المشبك الوطني. كذلك يكفي استخدام (LSF) واحد لموقع ما، ويعتمد امتداد هذا الموقع على درجة الضبط ACCURACY المطلوبة.

بالامكان ايجاد طريقة أخرى (غير استخدام معاملات المقياس) في المسوحات الهندسية (سكوفيلد 1973).

لقد جرى مناقشة هذا الموضوع سابقا ، ولكن يمكن التوسع فيه بشكل اكثر بخصوص المشبك الوطني.

يتطابق خط الزوال الوسطي في الاسقاط الميركاتوري العرضي(اي خط طول 2° غربا )مع الخط التشبيكي GRID LINE الواقع 400م 000 الى الشرق من نقطة الاصل الكاذبة،كما تقترب كافة خطوط الزوال الاخرى الواقعة الى شرق والى غرب خط الزوال الوسطي من خط الزوال الوسطي، اي انها تقترب باتجاه القطب الشمالي وتلتقي فيه، ولكن الخطوط التشبيكية كلها موازية الى خط الزوال الوسطي ، وهكذا فالزاوية التي هي باتجاه عقرب الساعة (في اية نقطة) بين اتجاه خطوط المشبك (شمال المشبك) وخطوط الزوال (الشمال الحقيقي) تعرف بـ "إقتراب خطوط الزوال ($\Delta\alpha$) CONVERGENCE OF MERIDIANS" حيث :

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m$$

$$\Delta\lambda = L/R \cos \phi_m$$

$$\therefore\ \Delta\alpha = \frac{L \tan \phi_m}{R} \qquad \ldots(65\text{-}2)$$

حيث ان L هي المسافة من خط الزوال الوسطي.

وستعطي هذه المعادلات التقريبية قيما لـ ($\Delta\alpha$) مقربة الى حد "25 عندما تؤخذ $\phi_m$ من الخارطة مقربة الى اقرب 05′، فمثلا ، إذا كانت إحداثيات المشبك الوطني لمحطة ما (N302 646 ، E626 238) وكان خط عرضها (52°34′)شمالا، اوجد مقدار إقتراب خطوط الزوال باعتبار ان نصف قطر الكرة الارضية يساوي 100 384 6 متر:

$$L = 626\,238 - 400\,000 = 226\,238 \text{ m}$$

$$\Delta\alpha'' = \frac{226\,238 \tan 52°\,34'}{6\,384\,100} \times 206\,265 = 9549''$$

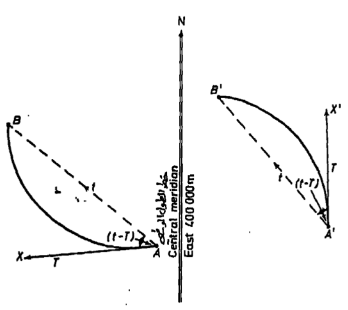
$$\therefore\ \Delta\alpha = 2°\,39'\,09''$$

## 16-2 التصحيح ($t - T$)

إن الاسقاط الميركاتوري العرضي (TMP) TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION هو إسقاط متعامد، وهكذا فمن غير الضروري تغيير الزوايا المقاسة على الارض عند استخدامها بمستوى الاسقاط، مع ذلك، فعندما يكون هنالك خطوط نظر طويلة ، يتطلب الامر إجراء تصحيح صغير يدعى "تصحيح (t - T)".

إن الخطوط المرصودة على الارض هي منحنية بسبب الشكل الكروي للارض ، وهي دائما "مقعرة" من جهة خط الزوال الوسطي كما مبين في (الشكل 2-45).

وهكذا سيأخذ الخط (AB) المرصود على الارض الاتجاه (AX) ، بينما على الاسقاط يأخذ الشكل المستقيم -المبين بخط متقطع - والفرق بين هذين الاتجاهين الاثنين يسمى تصحيح(t -T) ، ومن هذا يتضح بأنه في حالة وجود خطوط طويلة فإن الزوايا بين محطات مطلحة المساحة المرصودة على الارض ستختلف قليلا عن الزوايا المعادلة لها والمحتسبة من إحداثيات المشبك الوطني.




شكل 2-45

إن معادلة تصحيح الاتجاه الزاوي للخط (AB) هي:

$$(t_A - T_A)'' = (2\Delta E_A + \Delta E_B)(N_A - N_B)K \qquad \ldots(66-2)$$

حيث أن :

ΔE هو تشريق (NG) ناقصا 000 400م (يكتب بالكيلومترات)
N هو تشميل (NG) (يكتب بالكيلومترات)
A هي المحطة المطلوب عندها التصحيح.
B هي المحطة المرصودة.
K تساوي($845 \times 10^{-6}$).

وستكون اعلى قيمة لتصحيح" (t-T) هي("7±) تقريبا ، وهي صفر للنقاط ذات التشميل الواحد وتزداد بازدياد المسافة من خط الزوال الوسطي. وسوف يتم شرح تطبيق تصحيح (t-T) واقتراب خطوط الزوال بوضوح في الامثلة المحلولة التالية:

## امثلة محلولة

مثال 2-23: كانت إحداثيات المشبك الوطني(NG) للنقطة A ($E_A$ 238 824.076 ، $N_A$ 307 911.843) وللنقطة B ($E_B$ 244 601.011 ، $N_B$ 313 000.421).

اوجد: (1) الاتجاه الزاوي التشبيكي ($\overrightarrow{AB}$) وجد طوله.
(2) زاوية سمت ($\overrightarrow{AB}$) و($\overrightarrow{BA}$).
(3) طول (AB) على الارض.

إذا أعطيت:
(A) متوسط قيمة خط عرض الخط (AB) يساوي ′00 °54 شمالا.
(B) متوسط ارتفاع الخط 250م فوق مستوى الاسناد المساحي.
(C) نصف قطر الارض المحلي 100 384 6 متر.
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(1)

$$
\begin{array}{ll}
E_A = 238\,824.076 & N_A = 307\,911.843 \\
E_B = 244\,601.011 & N_B = 313\,000.421 \\
\hline
\Delta E = 5776.935 & \Delta N = 5088.578
\end{array}
$$

المسافة على المشبك: $= (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{\frac{1}{2}} = 7698.481\text{ m}$

اتجاه ($\overrightarrow{AB}$) الزاوي على المشبك: $= \tan^{-1}\dfrac{\Delta E}{\Delta N} = 48°\,37'\,30''$

(2) لاجل احتساب السمت ، اي الاتجاه نسبة الى الشمال الحقيقي ، يجب احتساب:

(A) إقتراب خطوط الزوال ($\Delta\alpha$) في A وB و(B) تصحيح (t − T) في A وB <شكل 2-46>.

(A) إقتراب خطوط الزوال في A: $= \Delta\alpha_A = \dfrac{L_A \tan\phi}{R}$

حيث أن $L_A$ هي المسافة من خط الزوال الوسطي:

$$= 400\,000 - E_A = 161\,175.924\text{ m}$$

$$\therefore\ \Delta\alpha''_A = \frac{161\,176 \tan 54°}{6\,384\,100} \times 206\,265 = 7167'' = 1°\,59'\,27''$$

كذلك :

$$\Delta\alpha''_B = \frac{155\,399 \tan 54°}{6\,384\,100} \times 206\,265 = 6911'' = 1°\,55'\,11''$$

(B) التصحيح (t − T):

$$
\begin{aligned}
(t_A - T_A) &= (2\Delta E_A + \Delta E_B)(N_A - N_B)K \\
&= 477.751 \times -5.089 \times 845 \times 10^{-6} = -2.05''
\end{aligned}
$$

لاحظ بأن التشريق والتشميل بالكيلومترات.

$$(t_B - T_B) = (2\Delta E_B + \Delta E_A)(N_B - N_A)K$$
$$= 471.974 \times 5.089 \times 845 \times 10^{-6} = +2.03''$$

ولو انه قد تم استخراج علامات (t-T) من المعادلة، لكن ينصح الطلاب دائما برسم تخطيط للحالة المعنية.

بالرجوع (للشكل 2-46)

زاوية سمت($\overrightarrow{AB}$) تساوي $\phi_A$ :

$$\phi_A = \theta_A - \Delta\alpha_A - (t_A - T_A)$$
$$= 48° 37' 30'' - 1° 59' 27'' - 02'' = 46° 38' 01''$$

زاوية سمت($\overrightarrow{BA}$) تساوي $\phi_B$ :

$$\phi_B = \theta_B - \Delta\alpha_B + (t_B - T_B)$$
$$= (48° 37' 30'' + 180°) - 1° 55' 11'' + 2''$$
$$= 226° 42' 21''$$

(3) للحصول على قيمة الطول على الارض من الطول على المشبك يجب الحصول على معامل المقياس المحلي (LSF) المعدل عن الارتفاع.

تشريق نقطة وسط(AB) : = 241 712.544M = E

معامل المقياس المحلي:

$$LSF = 0.999\ 601 + [1.228 \times 10^{-14} \times (E - 400\ 000)^2] = F$$

$$\therefore\ F = 0.999\ 908$$

الارتفاع يساوي 250 متر فوق مستوى الاسناد المساحي، اي (H = + 250 M) ومعامل المقياس المحلي المعدل عن الارتفاع ($F_a$) :

$$F_a = F\left(1 - \frac{H}{R}\right) = 0.999\ 908\left(1 - \frac{250}{6\ 384\ 100}\right) = 0.999\ 869.$$

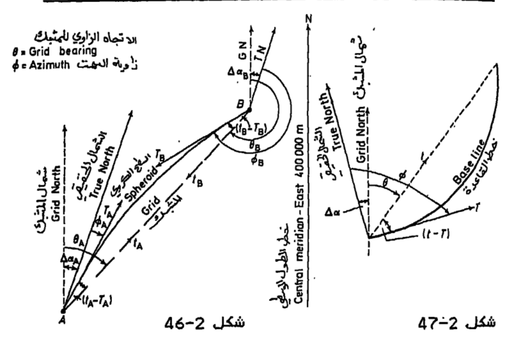
إذن طول (AB) على الارض : (الطول على المشبك) ÷ $F_a$ =

∴ AB = 7698.481 ÷ 0.999 869= 7 699.483M

مثال 2-24: كجزء من اعمال التسوية المطلوبة للاعمال الاضافية الخاصة بمنظومة مواصلات كبيرة تحت الارض، فقد انشىء خط قاعدة في نفق وربط بالمشبك ال وطني من خلال ربط سلكي عبر مهواة SHAFT واعمال تضليع دقيقة بعد ذلك.

من ثم تم تدقيق سمت خط القاعدة بواسطة مزواة الجايرو وباستخدام "طريقة رصد النقطة العكسية "REVERSAL POINT METHOD OF OBSVERVATION وكما يلي:

| النقاط العكسية | قراءات الدائرة الافقية ° | ′ | ″ | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| $r_1$ | 330 | 20 | 40 | العكسية اليسار |
| $r_2$ | 338 | 42 | 50 | العكسية اليمين |
| $r_3$ | 330 | 27 | 18 | العكسية اليسار |
| $r_4$ | 338 | 22 | 20 | العكسية اليمين |




شكل 2-46 شكل 2-47

قراءة الدائرة الافقية لخط القاعدة: ″46′32°28
إقتراب خطوط الزوال: ″18′20°0
تصحيح ( t − T ): ″04′00°0
تشريق المشبك الوطني لخط القاعدة: 000 500 متر

وقبل اخذ القراءات اعلاه كان قد تم تدقيق مزواة الجايرو على خط قاعدة سطحي ذي سمت معروف وقد تم الحصول على المعاليم المتوسطة التالية:

السمت المعلوم لخط القاعدة السطحي: ″54′25°140
سمت الجايرو لخط القاعدة السطحي: ″58′30°141

اوجد الاتجاه الزاوي على المشبك الوطني لخط القاعدة تحت الارض. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

راجع (الجزء الاول/سكوفيلد - شعبان 1986) حول مزواة الجايرو. فباستخدام متوسط قيمة سكولر SCHULER'S MEAN:

$N_1 = \frac{1}{4}(r_1 + 2r_2 + r_3) = 334° 33' 24''$
$N_2 = \frac{1}{4}(r_2 + 2r_3 + r_4) = 334° 29' 54''$
$\therefore\ N = (N_1 + N_2)/2 = 334° 31' 39''$

قراءة الدائرة الافقية للقاعدة: =28°32′46″
إذن سمت الجايرو لخط القاعدة: 334°31′39″−28°32′26″=
=54°01′07″

مع هذا، فالقراءات على القاعدة السطحية تشير الى ان مزواة الجايرو تقرأ اكثر مما يجب بمقدار:
= 141°30′58″ − 140°25′54″ = 1°05′04″

إذن السمت الحقيقي لخط القاعدة ∅:
∅ = (سمت الجايرو) − (ثابت الجهاز)
= 54°01′07″ − 1°05′04″ = 52°56′03″

والان بالرجوع الى <الشكل 2−47> تتضح علامة التصحيحات (اي + او −) التي تعطي الاتجاه الزاوي على المشبك الوطني (N.G.)، اي:

| | |
|---|---|
| السمت ∅: | ∅ = 52°56′03″ |
| إقتراب خطوط الزوال(Δ∝): | Δ∝ =− 0°20′18″ |
| تصحيح (t−T): | (t −T)=− 0°00′04″ |
| إذن الاتجاه الزاوي على (N.G.): | θ = 52°35′41″ |

## تمارين

2−11 إشرح معنى التعبير "إقتراب خطوط الزوال" وبين كيف يجب اخذ هذا العامل بنظر الاعتبار عند مد خطوط المسح الطويلة بواسطة المزواة.

من النقطة A الواقعة على خط عرض 53° شمالا وخط طول 2° غربا تم مد خط عمودي على اتجاه خط الزوال الابتدائي INITIAL MERIDIAN ولمسافة 680 31 متر باتجاه الغرب الى نقطة B.

اوجد الاتجاه الزاوي الحقيقي للخط في نقطة B وخط طول هذه النقطة. ايضا اوجد الاتجاه الزاوي والمسافة من B لنقطة تقع على خط زوال النقطة B وبنفس خط عرض نقطة الابتداء A. حيث يمكن اعتبار نصف قطر الارض 6273 كم.
(جامعة لندن)
[الجواب: (269°37′00″) و(2°28′51″ غربا) و 106.5 متر]

2−12 للنقطتين A وB الاحداثيات التالية:

| | خط العرض | خط الطول |
|---|---|---|
| A | 52°21′14″N | 93°48′50″E |
| B | 52°24′18″N | 93°42′30″E |

فإذا اعطيت القيم التالية:

| خط العرض | لـ(1") من خط العرض | لـ(1") من خط الطول |
|---|---|---|
| 52°20′ | 30.423 45M | 18.638 16M |
| 52°25′ | 30.423 87M | 18.603 12M |

اوجد زاويتي السمت لـB من A ولـA من B. ايضا اوجد المسافة (AB). (جامعة لندن)
[الجواب: (308°23′36")و(128°18′35") و 9 021.9 متر]

2-13 كانت زاوية سمت الخط(AB) البالغ طوله 29 623 متر تساوي(23°44′00") وذلك عند نهايته A الواقعة على خط عرض(47°22′40")شمالا وعلى خط طول (0°41′10")شرقا.

اوجد خط عرض وخط طول المحطة B والسمت المعكوس للخط من المحطة B الى اقرب ثانية واحدة.

| خط العرض | لـ(1") من خط الطول | لـ(1") من خط العرض |
|---|---|---|
| 47°30′ | 20.601M | 30.399M |
| 47°35′ | 20.568M | 30.399M |

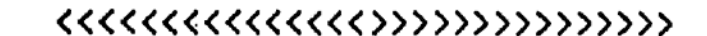
(جامعة لندن)
[الجواب: (47°37′32")شمالا و(E0°50′50")و(203°51′08")]

2-14 تقرر أن يكون طول خط حدود 60كم وعلى طول العرض 45°. اوجد المعلومات اللازمة لتثبيت علامات الحدود على مسافات مقدارها 30كم ، واشرح عملية التثبيت هذه.

إفترض بأن 30.45 متر على الدائرة العظمى تقابل (1") في مركز الارض وأن متوسط قيمة نصف قطر الكرة الارضية هو 367 6 كم وأن لوغاريثم R (بالامتار) يساوي 6.803 935 . (جامعة لندن)
[الجواب: طريقة الوتر، زاوية الانشاء تساوي 89°43′48"، اكبر إزاحة جانبية تساوي 282.7 متر] .

# المصــــادر


1 ADLER, R. K., and SCHMUTTER, B. 'Precise Traverses in Major Geodetic Networks', *Canadian Surveyor*, March 1971.
2 BURKE, K. F. 'Why Compare Triangulation and Trilateration', Proc. ASCE, Journal of the Surveying and Mapping Div, Oct 1971.
3 CHRZANOWSKI, A., and KONECNY, G. 'Theoretical Comparison of Triangulation, Trilateration and Traversing', *Canadian Surveyor*, Vol XIX, No 4, Sept 1965.
4 CHRZANOWSKI, A., and WILSON, P. 'Pre-Analysis of Networks for Precise Engineering Surveys', Proc Third S African Nat Surv Conf, 1967.
5 CURL, S. J. 'The Effects of Refraction on Engineering Survey Measurements', PhD Thesis, University of Nottingham, 1977.
6 HODGES, D. J., *et al.* 'Trials with a Model 6 Geodimeter for Surface Surveys', *The Mining Engineer*, No 84, Sept 1967.
7 HODGES, D. J. 'Errors in Model 6 Geodimeter Measurements and a Method for Increased Accuracy', *The Mining Engineer*, Dec 1968.
8 HODGES, D. J. 'Calibration and Testing of Electromagnetic Distance-Measuring Instruments', *Colliery Guardian*, No 11, Nov 1975.
9 HODGES, D. J. 'Electro-Optical Distance Measurement', Conf Assoc of Surveyors in Civil Eng, April 1980.
10 Ordnance Survey. *Constants, Formulae and Methods Used in Traverse Mercator Projection*, HMSO, 1950.
11 PHILLIPS, J. O. 'Electronic Traverse *versus* Triangulation', Proc. ASCE, Journal of the Surveying and Mapping Div, Oct 1967.
12 SCHOFIELD, W. 'Engineering Surveys on the National Grid', Journal of the Institution of Highway Engineers, Vol XX, No 10, Oct 1973.
13 SCHWENDENER, H. R. 'Electronic Distancers for Short Ranges: Accuracy and Checking Procedures', *Survey Review*, Vol XXI, No 164, Apr 1972.
14 SMITH, J. R. 'Equal Shifts by Pocket Calculator', *Civil Engineering Surveyor*, Vol VII, Issue 5, June 1982.
15 THOMAS, T. L. 'Desk Computers in Surveying', *Chartered Surveyor*, No 11, 1971.

الفصل الثالث

# المسح التصويري الجوي
# Aerial photogrammetry

فكما تلمّح كلمة "المسح التصويري PHOTOGRAMMETRY"، فهي تعني القياسات من الصور، وفي حالة المسح التصويري الجوي فهي القياسات من الصور المأخوذة من الجو.

إن الاستخدام الرئيس للمسح الجوي هو لتحضير المخططات الكنتورية CONTOUR PLANS من الصور الجوية. حيث تؤخذ الصور على امتداد خطوط مسارات طيران يسبق تحديدها بآلة تصوير جوية AERIAL CAMERA مثبتة في جسم الطائرة بمحورها البصري متجها شاقوليا الى الاسفل (شكل 3-4). وتسمى كذا صور "بالصور الشاقولية VERTICAL PHOTOGRAPHS" وهذا هو النوع الوحيد من الصور الذي سيتم التطرق اليه هنا.

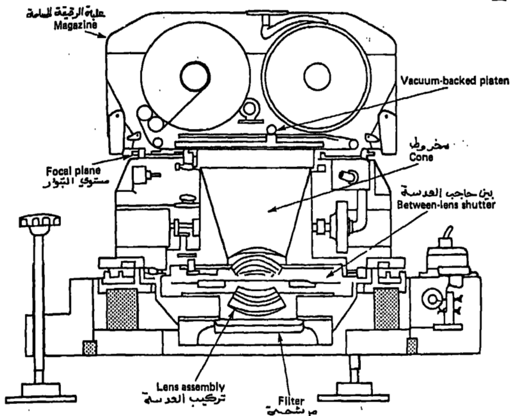
إن العمليات الاساسية التي تدخل في إنتاج الخارطة الكنتورية CONTOUR PLAN او النموذج الرقمي الارضي DIGITAL GROUND MODEL من الصور الجوية هي:

(A) عملية التصوير PHOTOGRAPHY
(B) عملية الضبط الارضي GROUND CONTROL
(C) منظومة التعديل RESTITUTION SYSTEM

## 3-1 عملية التصوير PHOTOGRAPHY

تؤخذ الصور أساساً باستخدام رقيقة حساسة مستقرة الابعاد في آلة تصوير دقيقة (شكل 3-1). من الضروري ان تظهر كافة التفاصيل الطوبوغرافية بوضوح وبالتالي تكون مميزة على الصورة، كما ويجب ان يحافظ على العلاقات الهندسية بين الاجسام الارضية وصورها بكل دقة. وتخضع هذه الشروط بشكل عام الى الظروف الجوية السائدة وقت التصوير والى حركة الطائرة ومواصفات آلة التصوير والرقيقة الحساسة والمقياس المستخدم والتظهير النهائي للرقيقة الحساسة.

يكون اختيار المواد التصويرية ثم تظهير الرقيقة الحساسة ملكا للمصورين ذوي الخبرة العالية الذين يستخدمون مهاراتهم الحرفية ومعرفتهم لتقليل التشويهات الى اقل ما يمكن. عموما، اكثر الرقائق الحساسة شائعة الاستخدام تتحسس للون الابيض PANOCHROMATIC وتعطي الصور المعروفة باللونين الاسود والابيض والمستخدمة في صناعة الخرائط. تأتي هذه الرقائق الحساسة بطول 120 متر وسرعة حساسية تتراوح بين (200 ASA) و(400 ASA).

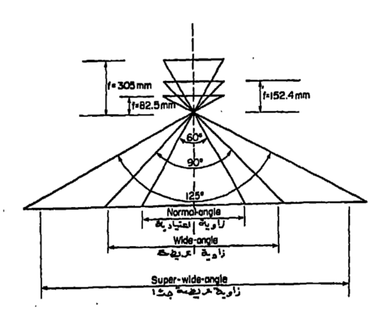



شكل 3-1

يمكن ان تحل الرقيقة الحساسة الملونة محل احادية اللون عندما يكون تفسير التفاصيل ايضا ذا اهمية. فمثلا ، يكون تغيّر وتمييز الظلال بين افوئ اسود وافوئ ابيض في صور الاسود والابيض بحدود الـ 200 بينما يزداد هذا الرقم بعملية التصوير الملون الى 5000، ايضا يستخدم التصوير بالاشعة تحت الحمراء INFRA RED بشكل واسع لكشف اوضح للخطوط الساحلية والانهر واشكال التصريف DRAINAGE PATERNS وللتغيرات التي تطرأ على حيوية المزروعات بسبب اشكال الانبات او بسبب المرض ، ولظواهر أخرى ككمية التلوث الموجودة في الاوساط المائية .

تكون آلات التصوير المستخدمة في المسح الجوي، كما هي الحال في بقية معدات المساحة ، ذات تركيب دقيق وتكون عدساتها ذات مواصفات عالية بحيث يكون التضبب ABERRATION مهملا عمليا . فكما هو مبين في الرسم (شكل 3-2) يمكن تصنيف العدسات بشكل عام كما يلي:

(A)ذات زاوية اعتيادية(60°)
الجعد البؤري f يساوي 82.5 ملم.
(B)ذات زاوية عريضة(90°)
البعد البؤري f يساوي 152.4 ملم.
(C)ذات زاوية عريضة جدا(125°)
البعد البؤري f يساوي 305.0 ملم.




شكل 3-2

إن العدسات ذات الزوايا الاعتيادية غير شائعة الاستخدام في الوقت الحاضر ، كما أن العدسات ذات الزوايا العريضة جدا (125°) تكون مقتصرة على الخرائط ذات المقاييس الصغيرة. أما من الناحية الهندسية فأكثر العدسات شعبية هي العدسات ذات الزاوية العريضة (90°) المركبة مع قاعدة رقيقة حساسة FILM FORMAT بأبعاد (230MM × 230MM)، حيث أن آلة التصوير هي التي تعطي الابعاد الهندسية الاساسية للصور الجوية والتي هي من مميزات إسقاط المنظور المركزي CENTRAL PERSPECTIVE PROJECTION بالعدسة فيه تمثل نقطة الاصل.

بعد منظومة العدسات يأتي الاعتبار الرئيس التالي وهو حاجب العدسة SHUTTER الذي يجب أن يكون بمقدوره تعريض كامل قاعدة الرقيقة الحساسة للضوء للمدة المطلوبة بالوقت المحدد. بالاضافة الى ذلك، يجب تقليل حركة الصورة الناتجة - عموما - عن الحركة الظاهرية للارض نسبة الى الطائرة بحيث يمكن إهمالها. وللحصول على كذا كفاءة يستخدم حاجب عدسة ذو القرص الدوار الذي يثبت بين اجزاء العدسة (شكل 3-1) ، وتركب آلة التصوير بكاملها داخل حامل مقاوم للذبذبات.

إن بمقدور آلة التصوير الجوية إعطاء سرعة حاجب بين (1/50) و (1/2000) من الثانية. هذا وان السرع الاكثر استخداما من الناحية العملية هي بين (1/100) و (1/1000) من الثانية. أما معدات تسطيح الرقائق الحساسة المتوفرة فهي منظومات الخواء ذات الضغط الواطئ LOW PRESSURE VACCUME SYSTEMS والتسطيح الفيزياوي الذي يتم بواسطة وسادات تضغط على الرقيقة الحساسة. تكون فترة الدورة الكاملة COMPLETE CYCLING TIME لآلة التصوير بحدود 1.5 ثانية الى 2.0 ثانية ، واقصى تشوهات (بعد التعبير الحذر لآلة التصوير) يكون بحدود (3 μm) الى (10 μm) .

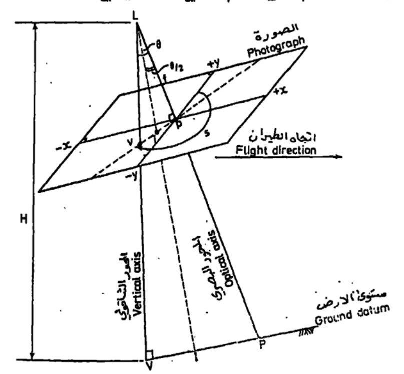
أما ثوابت آلة التصوير CAMERA CONSTANTS الناتجة عن عملية التعيير فهي :
(A) موقع النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT
(B) البعد البؤري للعدسة
(C) شكل ومقدار التشويه على امتداد موقع التصوير الفعلي.

## 3 - 2 الابعاد الهندسية للصورة الجوية
## GEOMETRY OF THE AERIAL PHOTOGRAPH

قبل الاقتناع بالحاجة الى الضبط الارضي GROUND CO- NTROL والى منظومة التعديل RESTITUTION SYSTEM من الضروري معرفة الاخطاء الموجودة في الصورة الجوية. غالبا ما يكون سبب هذه الاخطاء "ميلTILT" مستوى الفلم في لحظة اخذ الصورة و"زحف DISPLACEMENT" موقع الجسم بسبب "التموجات الارضية GROUND RELIEF". إن ما يجب فهمه هو أن الصورة هي ليست خارطة ، فيما عدا الحالة التي يكون فيها الموقع منبسطا ومستويا جدا ومحور الصورة شاقوليا فعلا.

### 3 - 2 - 1 تعاريف Definitions

بسبب ترنح وهبوط الطائرة في حالة الطيران يندر اخذ صورة شاقولية حقا . فـ(الشكل 3-3) يبين صورة شبه شاقولية بالمحور البصري للعدسة منحرفا بزاوية $\theta$ عن الشاقول. فعمليا تكون $\theta$ عادة اقل من $3°$. أما تعاريف المصطلحات المستخدمة بشكل عام فهي كما يلي:




شكل 3-3

(محورا الصورة PHOTO-AXES): هما المحوران (X-Y) المتعامدان حيث ان المحور Y ينتج من توصيل علامتي الاسناد FIDUCIAL MARKS المتقابلتين للصورة ، وهذا هو المحور الذي تقاس منه إحداثيات الصورة. أما المحور X فهو يكون باتجاه الطيران تقريبا.

(المحور البصري OPTICAL AXIS): هو الخط (LpP) من مركز العدسة ويصنع °90 مع مستوى الصورة.

(البعد الرئيس PRINCIPAL DISTANCE): هي المسافة (Lp=f) من العدسة الى مستوى الصورة ، وبتعبير آخر يمكن أن يسمى "البعد البؤري FOCAL LENGTH".

(المحور الشاقولي VERTICAL AXIS): هو الخط (LvV) الذي يكون باتجاه الجاذبية الارضية ، وهكذا فهو يصنع °90 مع مستوى الاسناد الافقي LEVEL DATUM PLANE.

(الميل TILT): هي الزاوية $\theta$ المحصورة بين المحور الشاقولي والمحور البصري (أنظر ايضا الى تعريف الخط الرئيس الوارد ذكره ادناه).

(النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT (PP)): هي النقطة P التي يقطع المحور البصري فيها الصورة.

(نقطة الشاقول PLUMB POINT): هي النقطة v حيث يقطع المحور الشاقولي فيها الصورة.

(المركز المشترك ISOCENTRE): هي النقطة i التي يقطع منصف زاوية الميل $\theta$ فيها الصورة.

(الخط الرئيس PRINCIPAL LINE): هو الخط (vip) الواقع في مستوى الصورة الذي يعطي اتجاه اعلى ميل للصورة ، فهو إذن يصنع زاوية $\theta$ مع الافق.

(متوازيات الطبق PLATE PARALLELS): هي الخطوط التي تصنع °90 مع الخط الرئيس وهي تشبه خطوط الضرب STRIKE-LINES في علم الارض (أنظر الجزء الاول/سكوفيلد - شعبان 1986، فقرة 2-1-2)، فهي إذن خطوط مستوية LEVEL LINES.

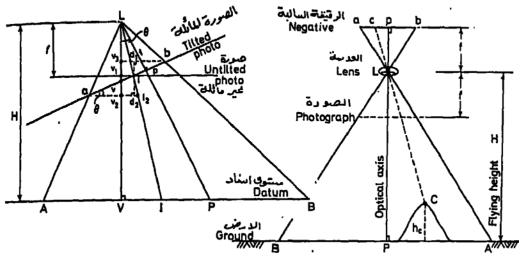
(المتوازي المشترك ISOMETRIC PARALLEL): هي إحدى متوازيات الطبق المارة بالمركز المشترك مؤلفة محور ميل الصورة.

(ارتفاع الطيران FLYING HEIGHT): هو الارتفاع الشاقولي "للعدسة" فوق الارض في لحظة تعريض الرقيقة الحساسة للضوء ، ويساوي (H-h) ، حيث أن H هو ارتفاع العدسة فوق مستوى الاسناد (اعتياديا يكون متوسط مستوى سطح البحر) و h هو متوسط ارتفاع الموقع.

(البرم SWING): هي زاوية S المقاسة باتجاه عقرب

الساعة من محور الـ(+Y) الى نقطة الشاقول في مستوى الصورة، وعليه فإنها تحدد إتجاه الميل نسبة الى محوري الصورة.
وسيجري الان بحث مصادر الخطأ هذه.

## 3 – 2 – 2 المقياس وتغيره بسبب التموجات الارضية




شكل 3-5 شكل 3-4

من(الشكل 3-4) يتبين بأن مقياس الصورة هو النسبة بين المسافة على الارض الى المسافة الشبيهة على الصورة ، وهكذا بواسطة المثلثات المتشابهة؛

المقياس S :

$$Scale = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$$

ففي نقطة C من البديهي ان المقياس S يساوي($f/(H-h_c)$) وهكذا فإن المقياس S يتغير حسب التموجات الارضية على امتداد الصورة ، وهو يعطى من المعادلة التالية لاي ارتفاع h:

$$S = \frac{f}{H-h} \quad \ldots(1\text{-}3)$$

## 3 – 2 – 3 المقياس وتغيره بسبب الميل

يفترض (الشكل 3-5) موقعا مستويا ويعطى $\theta$ كزاوية للميل ، وهكذا فالمقياس عند المركز المشترك هو مشترك بين الصورة المائلة والصورة الشاقولية فعلا.

(A) المقياس عند المركز المشترك:

$$S_I = \frac{Li}{LI} = \frac{Lv_1}{LV} = \frac{f}{H}$$

(B) المقياس عند النقطة الرئيسية:

$$S_p = \frac{Lp}{LP} = \frac{f}{H \sec \theta}$$

(C) المقياس عند نقطة الشاقول:

$$S_v = \frac{Lv}{LV} = \frac{f \sec \theta}{H}$$

(D) المقياس عند اية نقطة عشوائية (a):

$$S_a = \frac{La}{LA} = \frac{Lv_2}{LV} = \frac{Lv_1 + id_2}{LV} = \frac{f + ai \sin \theta}{H}$$

إفرض بأن ( $ai = y_a$ ) وهي المسافة من المركز المشترك.

إذن:

$$S_a = \frac{f + y_a \sin \theta}{H}$$

(E) المقياس عند اية نقطة عشوائية (b):

$$S_b = \frac{Lb}{LB} = \frac{Lv_3}{LV} = \frac{Lv_1 - id_1}{Lv} = \frac{f - ib \sin \theta}{H}$$

وبجعل ( $ib = y_b$ ):

$$S_b = \frac{f - y_b \sin \theta}{H}$$

وهكذا يمكن إثبات أن المقياس يتغير باستمرار على طول الخط الرئيس وحسب المسافة من المركز المشترك. ولكن من التعريف ، يكون المقياس باستقامة متوازي الطبق في نقطة معينة ثابتا عندما تكون الارض مستوية. إن المعادلة الاساسية التي تأخذ تموج الارض h بنظر الاعتبار إذن هي:

$$S = \frac{f \pm y \sin \theta}{H - h} \quad \ldots (2\text{-}3)$$

وبتعويض المسافة المناسبة من المركز المشترك بالنسبة للنقاط v أو p يتم الحصول على المعادلات المبينة في (A) و(C) اعلاه. فمثلا، خذ النقطة p :

$$S_p = \frac{f - ip \sin \theta}{H}$$

وعندما ( $ip = y_p = f \tan(\theta/2)$ ) ، إذن:

$$S_p = \frac{f - f \tan(\theta/2) \sin \theta}{H} = \frac{f - f\left(\frac{\sin \theta/2}{\cos \theta/2}\right)[2 \sin(\theta/2) \cos(\theta/2)]}{H}$$

$$= \frac{f - f[2 \sin^2(\theta/2)]}{H} = \frac{f[1 - 2 \sin^2(\theta/2)]}{H} = \frac{f \cos \theta}{H}$$

$$\therefore \; S_p = \frac{f}{H \sec \theta}$$

ونفس الطريقة تتبع بالنسبة لـ v حيث:

$$y_v = vp - ip = f[\tan \theta - \tan(\theta/2)],$$

والتي عند التعويض تصبح نفس المعادلة المعطاة في الفقرة (C).

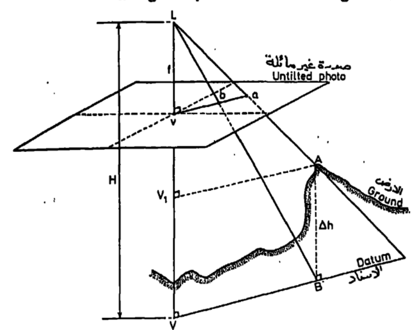
لاحظ بأن المعادلة هي موجبة الى الجانب السفلي من الصورة المائلة والعكس بالعكس.

ويمكن ايجاد تغيير المقياس على طول الخط الرئيس بإجراء التفاضل على المعادلة الاساسية لـ y ، اي:

$$\frac{dS}{dy} = \pm\frac{\sin\theta}{H}$$

## 3 - 2 - 4 ازاحة الشبح بسبب تموج الارض

**Image displacement due to ground relief**




شكل 3–6

يظهر (الشكل 3–6) صورة غير مائلة لموقع متموج ، حيث ستظهر النقطة A في B إذا اسقطت عموديا على المخطط،وعليه فإن موقعها الصحيح على الصورة هو في b، وتكون المسافة (ab)هي الازاحة الناتجة عن ارتفاع A فوق مستوى الاسناد. فبواسطة المثلثات المتشابهة:

$$\frac{va}{V_1A} = \frac{f}{H - \Delta h} = \frac{va}{VB} \qquad \therefore\ va(H - \Delta h) = fVB$$

ولكن ( $\frac{vb}{VB} = \frac{f}{H}$ ) ، إذن:

$$\therefore\ VB = \frac{vbH}{f}$$

وهكذا :

$$\therefore\ \frac{va}{va - ab} = \frac{H}{H - \Delta h} \qquad va(H - \Delta h) = vbH = (va - ab)H$$

$$\therefore\ vaH - va\Delta h = vaH - abH$$

$$\therefore\ ab = va\Delta h/H \qquad \ldots(3\text{-}3)$$

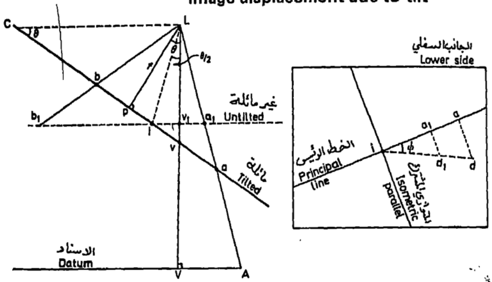
من (المعادلة 3-3) يمكن رؤية ان اية زيادة في ارتفاع الطيران سوف تقلل من الازاحة (ab)والتي هي بدورها تتناسب طرديا مع ارتفاع الجسم(Δh). ايضا،يمكن إثبات انه إذا بقيت كل من (Δh) و H ثابتة فالازاحة ستزداد بازدياد المسافة(va)من نقطة الشاقول.

وهذه الملاحظة الاخيرة هي مهمة في تركيب الخرائط الفسيفسائية MOSAICS ويمكن أن تؤدي الى استخدام الجزء الوسطي من الصورة فقط.

من (الشكل 3-6) يمكن رؤية أن (LV) يوازي (AB) بوضوح أن كليهما شاقوليان، وهكذا فإن (LABV) يؤلف مستويا يحوي a و b و v موضحا فيه كيف أن الازاحة (ba) هي قطرية من الشاقول (LV) في v التي تمثل نقطة الشاقول في الصور شبه الشاقولية.

## 3-2-5 ازالة الشبح بسبب الميل

**Image displacement due to tilt**




شكل 3-7

شكل 3-8

خذ النقطة a في (الشكل 3-7) التي تبعد مسافة ($ia$) عن المركز المشترك على الصورة المائلة و ($ia_1$) على الصورة غير المائلة ، وهكذا فالازاحة ($\Delta t$) الناجمة عن الميل تعطى من المعادلة:

$$\Delta t = ia - ia_1$$

$$\therefore \frac{\Delta t}{ia} = \frac{ia - ia_1}{ia} = 1 - \left(\frac{ia_1}{ia}\right) = 1 - \left(\frac{CL}{Ca}\right) = 1 - \left(\frac{f \operatorname{cosec} \theta}{Ci + ia}\right)$$

ولكن لما كانت:

$$C\hat{L}i = C\hat{i}L = (90^\circ - \theta/2),$$

فإن:

$$Ci = CL = f \operatorname{cosec} \theta$$

$$\therefore \frac{\Delta t}{ia} = \frac{f \operatorname{cosec} \theta}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{f \operatorname{cosec} \theta + ia - f \operatorname{cosec} \theta}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{ia}{f \operatorname{cosec} \theta + ia}$$

$$\therefore \Delta t = \frac{(ia)^2}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{(ia)^2 \sin \theta}{f + ia \sin \theta}$$

ونفس الشيء يسري على النقطة b الواقعة على الجانب العلوي من الصورة ، حيث يمكن إثبات أن:

$$\Delta t = \frac{(ib)^2 \sin \theta}{f - ib \sin \theta}$$

فالمعادلة العامة إذن هي:

$$\Delta t = \frac{y^2 \sin \theta}{f \pm y \sin \theta} \qquad \ldots (4-3)$$

حيث أن y هي المسافة من المركز المشترك مقاسة على طول الخط الرئيس، وتكون الحالة بالنسبة لاية نقطة "خارجة" عن الخط الرئيس كما هي مبينة في (الشكل 3-8).

يمكن إثبات أن: $ia = id \cos \phi$

و: $ia_1 = id_1 \cos \phi$

وهكذا فالازاحة ($dd_1$): $dd_1 = \Delta t_1$

وبإسقاط هذه الازاحة على الخط الرئيس تعطي:

$$\Delta t = \Delta t_1 \cos \phi = \frac{(y \cos \phi)^2 \sin \theta}{f \pm y \cos \phi \sin \theta}$$

وهكذا ستصبح المعادلة العامة:

$$\Delta t_1 = \frac{y^2 \sin \theta \cos \phi}{f \pm y \sin \theta \cos \phi} \qquad \ldots (5-3)$$

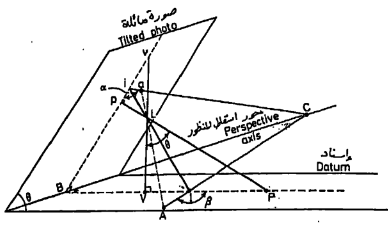
وإذا كانت $\theta$ صغيرة فإن( $y \sin \theta \cos \phi$ )يهمل بالمقارنة مع f.

$$\therefore \Delta t_1 = \frac{y^2 \sin \theta \cos \phi}{f} \qquad \ldots (6-3)$$

تشير المعادلة الى أن الازاحة تتناسب طرديا مع المسافة المربعة من المركز المشترك. وعليه فإنها تكون بأكبر قيمة لها عند حافات الصورة. كذلك تشير بأن زيادة البعد البؤري لآلة التصوير يساعد في تقليل الازاحة.

فكما سيشار اليه في (الفقرة التالية 3-2-6)، فإن الزوايا المقاسة حول المركز المشترك على صورة مائلة تساوي الزوايا المقابلة لها على الارض. ومن هذا ينتج بأن إزاحة الصورة الناتجة عن الميل يجب أن تكون قطرية من المركز المشترك ISOCENTRE.

## 3-2-6 النسب الزاوية على الصورة المائلة




شكل 3-9

من هندسة السطوح المستوية يمكن إثبات أن اي خط على الصورة المائلة في (الشكل 3-9) سوف يقطع الخط المقابل له على الارض باستقامة محور إسقاط المنظور، PERSPECTIVE AXIS.

خذ الزاوية ($PIA=\beta$) على الارض والزاوية المقابلة لها ($pia=\alpha$) على الصورة حول المركز المشترك، وهكذا ففي المثلثين قائمي الزاوية (BiC) و (BIC):

$$\tan \alpha = BC/Bi \qquad \tan \beta = BC/BI \qquad \therefore \ \tan \alpha/\tan \beta = BI/Bi$$

ولكن في المثلث (B i I):

$$B\hat{I}I = B\hat{I}i = 90° - \theta/2 \qquad \therefore \ BI = Bi$$

$$\tan \alpha = \tan \beta \qquad \ldots (3\text{-}7)$$

خذ الان تركيبا مشابها من خلال نقطتي الشاقول v و V واي نقطة اخرى على الارض مشابهة الى A، بالخطين يلتقيان على محور إسقاط المنظور.

ففي المثلثين (BvC) و (BVC) قائمي الزاوية:

$$\tan \alpha = BC/Bv \qquad \tan \beta = BC/BV$$

$$\therefore \ \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{BV}{Bv} = \cos \theta \qquad \ldots (3\text{-}8)$$

ونفس الشيء يسري في P:

$$\tan \alpha = BC/Bp \qquad \tan \beta = BC/BP$$

$$\therefore \ \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{BP}{Bp} = \sec \theta \qquad \ldots (3\text{-}9)$$

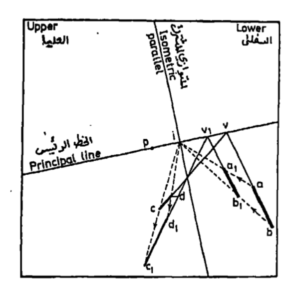
وهذه النسبة الاخيرة هي مهمة خصوصا عند بحث "رسم الخط القطري RADIAL LINE PLOTTING" الذي يفترض بأن الزوايا حول النقطة الرئيسية على الصورة تساوي الزوايا المقابلة لها على الارض، وهذا طبعا هو صحيح فقط بالنسبة للمركز المشترك.

بالاضافة الى التعقيدات المذكورة انفا ، هنالك إزاحات أخرى قد تنتج بسبب تغير ارتفاع الطيران وانكسار شعاعات الضوء (خصوصا بالقرب من جسم الطائرة) وبسبب اخطاء الة التصوير والاخطاء التصويرية... والخ.

وهكذا يتضح الان بأن الصورة هي غير مستوية فيما عدا الحالة التي يكون فيها محور الصورة شاقوليا فعلا والارض مسطحة ومستوية.

## 3 - 2 - 7 التأثير المركب للميل والتموج

**Combined effect of tilt and relief**




شكل 3-10

فكما أشير اليه سابقا ، فالازاحة التي سببها الميل وتموج الارض هي ليست قطرية من اية نقطة على الصورة.

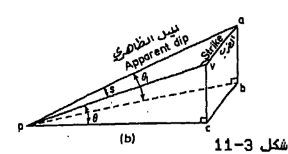
يبين (الشكل 3-10) بأن الخط (ab) هو الحافة العليا والسفلى من مبنى مرتفع. وأن الازاحة الناتجة عن الارتفاع (ab) هي قطرية من نقطة الشاقول (v)، بينما تكون إزاحتا الميلين ($aa_1$) و ($bb_1$) قطريتين من المركز المشترك. لاحظ الاتجاه المعاكس للازاحة على الحافة العليا للصورة.

إن الغرض من معالجة كذا تأثيرات هو: (I) حذف الازاحة الناجمة عن الميل من خلال تعديل رياضي او بصري للصورة ، اي تحويل الصورة المائلة الى صورة أفقية معادلة لها (II) خذ الازاحة الناجمة عن الارتفاع على الصورة المعدلة - فمثلا ، بعد التعديل يكون الموقع المكافئ لنقطة الشاقول (v) في ($v_1$) (أنظر ايضا الشكل 3-7) والتي منها تكون إزاحة الارتفاع ($a_1 b_1$) قطرية .

## 3-2-8 ايجاد الميلين x و y للصورة

**To find the *x* and *y* tilts of a photograph**

+y
$x_v$
$y_v$ S v
p +x
(a)



(b)

شكل 3-11

إذا أعطي البعد البؤري لآلة التصوير وإحداثيات نقطة الشاقول ، يمكن ايجاد الميلين x و y كما يلي:

من (الشكل 3-B11):
$$\sin\theta_1 = \frac{ab}{ap} = \frac{vc}{ap} = \frac{vc}{pv}\times\frac{pv}{ap} = \sin\theta\cos S$$

وهكذا بالنسبة للميول باتجاه الـ y ، أي ($\theta_y$):

$$\sin\theta_y = \sin\theta\cos S \qquad \ldots(3\text{-}10)$$

والآن من (الشكل 3-A11):

$\cos S = y_v/pv$ $\qquad pv = f\tan\theta$ ...(أنظر الشكل 3-3)

$$\therefore\ \sin\theta_y = \sin\theta\times\frac{y_v}{f\tan\theta} = \sin\theta\times\frac{y_v}{f}\times\frac{\cos\theta}{\sin\theta}$$

$$\therefore\ \sin\theta_y = \frac{y_v\cos\theta}{f} \qquad \ldots(3\text{-}11)$$

وبنفس الطريقة: $\sin\theta_x = \sin\theta\cos(90° - S) = \sin\theta\sin S$

ولكن ($\sin S = x_v/pv$)، وهكذا يكون الميل باتجاه المحور x، ($\theta_x$):

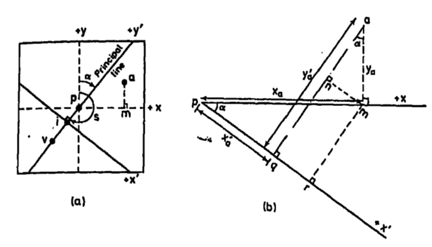
$$\sin\theta_x = \frac{x_v\cos\theta}{f} \qquad \ldots(3\text{-}12)$$

ووضع ($S=0°$) في (المعادلة 3-10) يعطي ($\theta_y=\theta$)، وهكذا يكون لكافة الخطوط الموازية للخط الرئيس نفس الميل الاعلى. وبوضع ($S=90°$) يعطي ($\theta_y=0°$) ، وهكذا تكون كافة الخطوط التي تصنع 90° مع الخط الرئيس (اي متوازيات الطبق) أفقية.

## 3-2-9 الاحداثيات الارضية من صورة مائلة لموقع منبسط

خذ النقطة a في (الشكل 3-12) التي قيست إحداثياتها $x_a$ و $y_a$ في الصورة من محوري الاسناد، كذلك معلوم: ارتفاع الطيران H والبعد البؤري f وزاوية الميل $\theta$ والبرم S. من المهم اولا الحصول على إحداثيات a نسبة الى محوري الخط الرئيس بأخذ المركز المشترك كنقطة اصل (إزاحة الميل هي قطرية من المركز المشترك)، اي ($x'_a$) و ($y'_a$). يوضح (الشكل 3-B12) تأثيرات الدوران، حيث أن الزاوية

بين المحورين المعنيين تساوي (S + 180° = ∝). فمقدار الزحف اللازم هو (pi) حيث ( $pi = f\tan(\theta/2)$ ). وبفرض خط موازي من p ، فإن تفحص (الشكل A12-3) يبين بأن الزاوية




شكل 12-3

بين محوري الـ x هي ∝. وهكذا فمن (الشكل B12-3):

$$x'_a = pr - qr = x_a \cos\alpha - y_a \sin\alpha \qquad y'_a = an + mr = y_a \cos\alpha + x_a \sin\alpha$$

وللحصول على الشكل العام لهاتين المعادلتين عوّض (180° +S) محل ∝ واجمع الزحف( $pi = f\tan(\theta/2)$ ) للحصول على نقطة الاصل الجديدة في i . عليه:

$$x' = -x\cos S + y\sin S \qquad \ldots(13\text{-}3)$$

$$y' = -x\sin S - y\cos S + f\tan(\theta/2) \qquad \ldots(14\text{-}3)$$

حيث أن x و y هما إحداثيا الصورة المقاسين من محوري الاسناد.

ويمكن الآن تطبيق (المعادلة 3-2) الخاصة بالمقياس على الصورة المائلة على الاحداثيات الجديدة لتعطي الاحداثيات الارضية X و Y كما يلي:

$X = Kx'$ ، $Y = Ky'$

حيث أن : $K = H/(f - y\sin\theta)$

## 3 – 2 – 10 الاحداثيات الارضية من صورة مائلة لموقع متموج

إن المعلومات في هذه الحالة مطابقة لتلك المعلومات المعطاة في (الفقرة 3-2-9) زائدا الارتفاعات h للنقاط في السؤال.

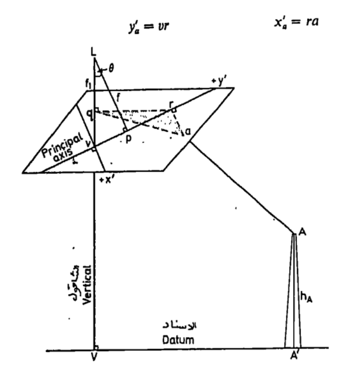
لما كان تأثير تموج الارض من نقطة الشاقول فطريا ، فإن الدوران والانتقال TRANSLATION هما هذه المرة نسبة الى v، حيث أن ($pv = f\tan\theta$) وعليه:

$$x' = -x\cos S + y\sin S \qquad \ldots(15\text{-}3)$$

$$y' = -x\sin S - y\cos S + f\tan\theta \qquad \ldots(16\text{-}3)$$

وهكذا من (الشكل 3-13) تكون الاحداثيات الجديدة لـ a :

$$y'_a = vr \qquad x'_a = ra$$




شكل 3-13

والآن يتم التعديل الرياضي لكل نقطة باعتبار أن هنالك مستويات أفقية تمر بمتوازيات الطبق للنقاط موضوعة البحث، فمثلا ، في حالة النقطة a فإن المستوي الافقي الذي يمر من خلالها هو (qra) وبذلك تكون الاحداثيات المعدلة :

$$y''_a = qr = y'_a \cos\theta \qquad x''_a = ra = x'a$$

والبعد البؤري الجديد الذي يتفق مع مستوي التعديل هو الآن :

$$f_1 = Lq = Lv - qv = f \sec\theta - y'_a \sin\theta$$

والآن لدينا صورة غير مائلة للنقطة الارضية A ببعد بؤري جديد $f_1$ . وبقي الآن فقط ضرب إحداثيات الصورة بمقياسها المناسب كما في (الفقرة 3-2-2) معطيا :

$$X_A = x''_a \frac{(H - h_a)}{f} \qquad Y_A = y''_a \frac{(H - h_a)}{f}$$

مثال 2-25: تقع النقطتان A و B على ارتفاع 10م و40م فوق مستوى الاسناد على التوالي، وقد تم تصويرهما على صورة جوية شبه شاقولية مأخوذة من ارتفاع 2000م بواسطة آلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره152ملم. وقد قيست إحداثيات الصورة للنقطتين من محوري الاسناد بواسطة معاير COMPARATOR وكانت كما يلي:

| | x ملم | y ملم |
|---|---|---|
| a | + 50.00 | + 100.00 |
| b | − 100.00 | + 80.00 |

فإذا كان الميل °2 والبرم °20 ، اوجد المسافة الارضية الافقية (AB) .

الحل

$$x'_a = -50\cos 20° + 100\sin 20° = -12.78 \text{ mm}$$
$$y'_a = -50\sin 20° - 100\cos 20° + 152\tan 2° = -105.76 \text{ mm}$$
$$x'_b = 100\cos 20° + 80\sin 20° = +121.33 \text{ mm}$$
$$y'_b = 100\sin 20° - 80\cos 20° + 152\tan 2° = -35.66 \text{ mm}$$

والاحداثيات المعدلة:

$$x''_a = x'_a = -12.78 \text{ mm}$$
$$y''_a = y'_a\cos 2° = -105.70 \text{ mm}$$
$$x''_b = x'_b = +121.33 \text{ mm}$$
$$y''_b = y'_b\cos 2° = -35.64 \text{ mm}$$

والبعد البؤري الجديد للنقطتين:

$$f_{1a} = f\sec\theta - y'_a\sin\theta = 152\sec 2° + 105.76\sin 2° = 155.78 \text{ mm}$$
$$f_{1b} = f\sec\theta - y'_b\sin\theta = 152\sec 2° + 35.66\sin 2° = 153.33 \text{ mm}$$

والاحداثيات الارضية:

$$X_A = \frac{x''_a(H-h_a)}{f_{la}} = \frac{-12.78(2000-10.00)}{155.78} = -163.26 \text{ m}$$

$$Y_A = \frac{y''_a(H-h_a)}{f_{la}} = \frac{-105.70\times 1990}{155.78} = -1350.26 \text{ m}$$

$$X_B = \frac{x''_b(H-h_b)}{f_{lb}} = \frac{121.33(2000-40.00)}{153.33} = +1550.95 \text{ m}$$

$$Y_B = \frac{y''_b(H-h_b)}{f_{lb}} = \frac{-35.64\times 1960}{153.33} = -455.58 \text{ m}$$

والمسافة الارضية D :

$$D = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{\frac{1}{2}} = (1714.21^2 + 849.68^2)^{\frac{1}{2}} = 1933.64 \text{ m}$$

يفيد المثال اعلاه لتوضيح الحاجة الى منظومة تعديل لتصحيح قياسات الصورة عن تأثيرات الازاحات الناتجة عن الميل وعن التموجات الارضية.

## 3-3 الضبط الارضي GROUND CONTROL

يعتبر إنشاء نقاط ضبط ارضي متميزة بوضوح على الصورة الجوية مهما جدا في عملية المسح الجوي.

إن اقل عدد مطلوب من النقاط للصورة الواحدة يتألف من نقطتين على المستوي PLAN POINTS للسيطرة على المقياس وثلاث نقاط ارتفاع للسيطرة على المنسوب في النموذج الفراغي SPATIAL MODEL. يجب أن يكون الضبط الارضي المثبت بطرق المسح الاعتيادية اكثر ضبطا من ذاك الذي ينتج من منظومة تعديل اعمال المسح التصويري.

فبعد إجراء اختبار تجسيمي للصور يقوم المساح بإعطاء فكرة عن توزيع نقاط الضبط وعن مواقعها ودرجة

ضبطها، ومن ثم يقوم بتثبيت هذه المعلومات على الصور. ومن هذا يتضح بأن نقاط الضبط يجب أن تحوي تفاصيلا تكون اصلا متميزة بوضوح على الصور.

يجب أن يكون نوع التفصيل المختار منسجما مع عملية القياس التصويري التي تتلخص بوضع نقطة عائمة على النموذج التجسيمي STEREO MODEL. فمثلا، لاجل إعداد خرائط بقياس(1/2500)يجب أن يكون مقياس الصورة بحدود (1/10 000). فإذا كان قطر النقطة العائمة لآلة الرسم PLOTTER يساوي (40 $\mu m$) فإن قطر الهدف يجب أن يكون بحدود 400 ملم لكي يمكنه من إحتواء النقطة العائمة بدون أن يحجب بها. وهكذا يمكن ان تكون نقطة الضبط المناسبة وسط غطاء حوض تفتيش MANHOLE كبير وليست النقاط الدقيقة المرتبطة اعتياديا بمحطات الضبط.كذلك بالنسبة للضبط العمودي، فإن النقاط المختارة يجب ان تقع في ارض مستوية افقية خالية من المزروعات. ويجب تجنب الانحدارات القوية والقمم لتقليل اخطاءالارتفاعات الكبيرة الناتجة عن توقيع رديء للنقطة العائمة.

يعتمد مقدار الضبط المطلوب بشكل كبير على المقياس وعلى درجة الضبط ACCURACY المطلوبة للخارطة. من المتبع في الخرائط الهندسية ذات المقياس(1/500)تجهيز نقطتين في الاقل لضبط المقياس والاتجاه وثلاث نقاط لضبط المنسوب لكل صورة.

### 3-3-1 الضبط باستخدام نقاط مسبقة التأشير

تكون نقاط الضبط المستخدمة عموما في انتاج الخرائط الهندسية ذات المقاييس الكبيرة اهدافا سبق تعيينها .وتؤشر مواقع هذه الاهداف من التصوير الابتدائي وبعد تثبيتها يتم الطيران فوق الموقع ثانية.

يكون نوع الهدف المستخدم بشكل عام عبارة عن صليب ابيض كبير مصنوع من مادة مقاومة طول اطرافه بحدود 2م وعرضها 0.25م. فحجمه يدل على مقياس الصورة الى حد كبير، كما سبق الاشارة اليه، وهكذا يجب أن يكون الهدف كبيرا لكي يكون مرئيا بوضوح في الصور، كما يجب أن يكون صغيرا بحيث يكفي لتوفير مساحة مناسبة للنقطة العائمة. ولو أن التأشير المسبق هو اكثر كلفة من استخدام التفاصيل الموقعية ، ولكن بالامكان تثبيت الاهداف بشكل يضمن استخدامها في مرحلة لاحقة لاغراض السيطرة على اعمال التسقيط SETTING OUT.

### 3-3-2 متطلبات درجة الضبط Accuracy requirements

إن القواعد العامة المطلوبة لدرجة الضبط في تثبيت الضبط الارضي هي:

(A)(±0.02%H)للخرائط الهندسية ذات المقاييس الكبيرة
(B)(±0.03%H)للخرائط الهندسية ذات المقاييس المتوسطة
(C)(±0.05%H)للخرائط الطوبوغرافية ذات المقاييس

الصغيرة.
حيث أن H هو ارتفاع الطيران وهو يرتبط بدرجة ضبط الـة رسم المسح التصويري، وتنطبق المواصفات على كلا الموقع الافقي PLANIMETRIC POSITION والضبط العمودي HIGHT CONTROL. وهكذا يجب أن تكون قيمة H للتصوير بمقياس (1/10 000) باستخدام عدسة بزاوية عريضة أي(f =150MM) مساوية 1500م. ويكون الضبط الارضي بدرجة ضبط ACCURACY مقدارها (±0.3M) في الحالة(A) اعلاه. وبالاستناد الى هذه المعلومات يمكن ايجاد طريقة.ملائمة لاعمال المسح.

كذلك تستخدم طرق المسح الاعتيادية لاكمال التفاصيل على الخارطة والتي كانت محجوبة في الصورة بالغيوم او الوهج او الظل او الاشجار او اية عوائق أخرى.

## 3 - 3 - 3 التثليث ( بقياس الزوايا ) بواسطة المسح الجوي

يمكن استخدام اعمال التثليث بقياس الزوايا TRIAN-GULATION المأخوذة من الجو لاعمال الخرائط ذات المقاييس الصغيرة ودرجات الضبط الواطئة.فهذه الطريقة تعطي ضبطا مباشرا من الصور ، وفي ذلك تقليل في كمية اعمال الضبط الارضي المنجز بطرق المسح الاعتيادية وبالتالي تقليلا في كلفتها .

يمكن استخدام التثليث بواسطة المسح الجوي لتعيين نقاط الضبط ذات البعدين او الثلاثة ابعاد، إما بطرق التناظر ANALOGUE في الراسمات الدقيقة او بالطريقة التحليلية فقط. إن رسم الخطوط القطرية هي طريقة تخطيطية وأن تراكيب القاعدة المخرمةSLOTTED TEMPLATE هي طريقة ميكانيكية ، وكلا الطريقتين تستخدمان لاعمال التثليث الجوي ذات البعدين ، حيث تكون فيها نقاط الضبط الثانوية مثبتة نسبة الى نقطتي ضبط ارضيتين فقط ، تقع كل منهما عند احد طرفي الشريط (أنظر الفقرة 3-5-3).

في طريقة التناظر ، يتم ربط كل نموذج تجسيمي بالذي يليه،وهكذا يتكون شريط من الاحداثيات النموذجية MODEL CO-ORDINATES ، ومن ثم يتم ربط كل شريط بالذي يليه وبذلك سيتكون بالنهاية طاقما من الاحداثيات الكتلوية BLOCK CO-RDINATES. وبسبب تكون الاخطاء في هذه العملية يتوجب إجراء تعديل للاحداثيات في كل من الشريط والكتلة قبل تحويلها لتتوافق مع الضبط الارضي.

تؤلف اعمال التثليث الجوي جزءا مهما جدا من اعمال المسح الجوي وقد تم هنا ذكره فقط باختصار حيث أنه خارج عن نطاق هذا الكتاب.

## 4 - 3 التخطيط لعملية الطيران FLIGHT PLANNING

تتغير مواصفات الطيران لمشروع معين تبعا لنوع المشروع. فمثلا ، عملية التصوير التي تتم لاغراض

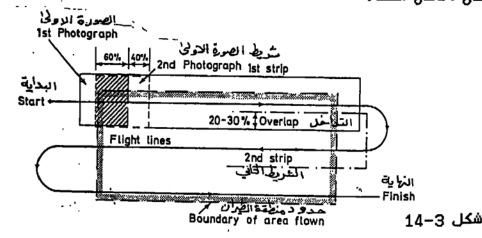
تفسيرية لاتتطلب نفس التخطيط المسهب المطلوب لاعمال الخرائط ذات المقاييس الكبيرة.

إن العوامل الرئيسية التي تؤخذ بنظر الاعتبار هي إتجاهات خطوط الطيران وتداخل الصور والمقياس وارتفاع الطيران. وهنالك بعض من هذه العوامل لا يمكن الحصول عليها الا بعد الشروع بالطيران. فمثلا ، يمكن احتساب إتجاه الطيران والفترة الزمنية بين لقطات الصور فقط عندما تكون سرعة الريح في وقت الطيران معروفة. كذلك، فإن اخذ فكرة عن عدد الصور المطلوبة يفيد لتحديد عدد علب الرقائق الحساسة المصطحبة. كما أن إجراء تخطيط لخطوط الطيران سيفيد ايضا في معرفة الالتفافات TURNS المناسبة للاستفادة منها في عملية تغيير علب الرقائق الحساسة.

إن ارتفاع الطيران يعتمد على عدة عوامل تمتد من إمكانات الطائرة وظروف الموقع ومتطلبات اعمال المسح الى نوع منظومة التعديل (او الرسم) التي ستستخدم. وهكذا فإن عملية تخطيط الطيران هي مهارة تتطلب تخطيطا معتنيا في كافة مراحله المختلفة.

### 3-4-1 اتجاه خطوط الطيران Direction of flight lines

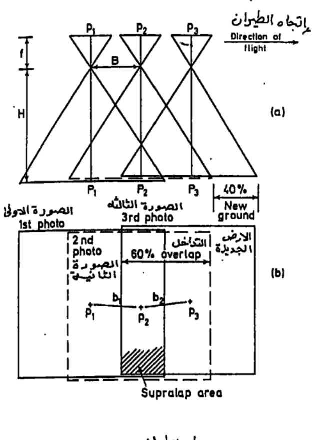
عموما يكون اتجاه الطيران فوق الموقع بحيث يوازي ضلعه الاطول ليعطي اقل عدد من الشرائط STRIPS. وبهذه الطريقة يتم تقليل الالتفافات والمسالك غير المنتجة الى ادنى حد.



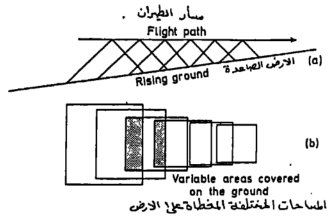

شكل 3-14

عند وجود مساحات كبيرة ذات مناسيب متباينة كإمتدادات الجبال او الهضاب يمكن أن تكون خطوط الطيران موازية لهذه التضاريس لتجنب التغير الفجائي بالمقياس.

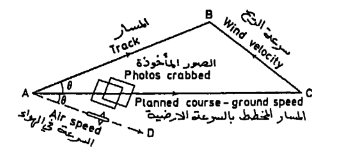
إن كل صورة في الشريط تتداخل مع الصورة التي تسبقها بمقدار (60%). وهكذا تكون نسبة الارض الجديدة التي تغطى في كل صورة (40%). والغرض من التداخل هو السماح للمشاهدة التجسيمية STEREOSCOPIC VIEWING




شكل 3 ـ 15




شكل 3 ـ 16




شكل 3 ـ 17

للموقع. كذلك يتداخل كل شريط من الصور مع الشريط الذي يسبقه بـ(20%) الى (30%) (شكل 3-14) وبذلك يتم الحصول على تغطية كاملة للموقع.

يبين (الشكل 3-15) بوضوح التداخل المسيطر عليه تلقائيا بواسطة جهاز ضبط الفترة INTERVALOMETER في آلة التصوير الجوية ، حيث تدعى المسافة B بين كل صورتين جويتين "القاعدة الجوية AIR BASE" بينما تسمى المسافة المقابلة لها في الصورة "قاعدة الصورة PHOTO BASE" . وبسبب التداخل فإن النقطتين الرئيسيتين للصورتين المتجاورتين ستظهران على الصورة الوسطية. إن قواعد الصور هي في الحقيقة تمثل اتجاه الطيران.

عند الطيران فوق ارض ذات صعود منتظم يجب التمرن على الاعتناء، حيث أن الفشل في ذلك قد يؤدي الى خسارة كاملة للتداخل المطلوب في كلا الاتجاهين الطولي والعرضي (شكل 3-16)، ويمكن التغلب على الخسارة الحاصلة في التداخل بالاتجاه الطولي بزيادة فترة اللقطة التصويرية EXPOSURE INTERVAL ، بينما يجب أن تبنى خطوط الطيران على اقل تداخل عرضي فوق اعلى ارض، (لضمان الحصول على التداخل العرضي المطلوب).

كذلك فإن الطيران يمكن أن يتأثر بالرياح الجانبية (شكل 3-17) مؤدية بذلك الى انحراف الطائرة عن المسار المخطط لها ، ويمكن حل المثلث(ABC) لاعطاء قيمة $\theta$ ،ويتم تصحيح الطائرة الى المسار(AD) "بسرعة هواء" ثابتة. وتدعى سرعة الهواء التي تجعل الطائرة تنحرف عن المسار المخطط لها(AC) بسرعة مختلفة "السرعة الارضية GROUND SPEED" . وهكذا، إذا لم تكن آلة التصوير مثبتة باتجاه الطيران فإن الصورة ستكون منحرفة كما هو مبين والذي يؤدي الى حصول فراغات في التغطية ، ويتم تصحيح هذه الحالة بـ"تثبيت الانجراف DRIFTING SETTING" حيث تدور آلة التصوير بزاوية $\theta$ حول المحور الشاقولي لمرتكزها. وقد ادت المناظير والالات التصويرية الحديثة الى إزالة هذه العقدة الى حد كبير.

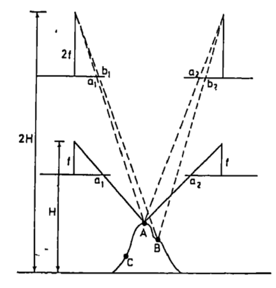
### 3 - 4 - 2 المقياس وارتفاع الطيران

سوف يعتمد مقياس التصوير على تقنيات تجميع الخرائط المستخدمة.ففي طرق الخطوط القطرية التخطيطية او الميكانيكية يكون مقياس الصورة عادة اكبرمن مقياس الخارطة لاجل تقليل تجمع الاخطاء ، فإذا تم إعداد الخارطة براسمات تجسيمية STEREO PLOTTERS فإن مقياس الصورة يكون إعتياديا اصغر. وعلى سبيل المثال ،غالبا ما يستخدم مقياس تصوير(1/12 500) لانتاج خرائط بمقياس (1/2500). فكما أشير اليه سابقا،يكون ارتفاع الطيران H بدلالة المقياس ، وهكذا فإن استخدام آلة تصوير إعتيادية بزاوية عريضة (f =152MM) لمقياس تصوير (1/12 500) سيعطي :

$$f/H = 1/12\,500 = 0.152/H \quad \therefore H = 1900\ M.$$

فعندما يكون هنالك تغيرات كبيرة في التضاريس الارضية او عندما يحوي الموقع عددا كبيرا من المباني المرتفعة يمكن أن يتطلب الامر زيادة ارتفاع الطيران. إن إحدى محددات رسم الخطوط القطرية هي أن مقدار التغير في التضاريس يجب أن لا يزيد على (H/10). وهكذا، إذا أريد استخدام هذه الطريقة في الرسم سيكون لـ H علاقة بالتغيرات الموجودة في مناسيب الارض.

يمكن ايضا أن تسيطر طريقة الارتفاع على ارتفاع الطيران. وهنالك عدد من الراسمات التجسيمية التي يعطى لها المعامل C الذي يربط ارتفاع الطيران بأصغر فترة كنتورية. وهكذا فجهاز بمعامل C مقداره 2000 سيستخدم عملية تصوير مأخوذة على ارتفاع يساوي 2000 مرة بقدر الفترة الكنتورية المستخدمة. ويمكن أن تؤثر حركة الاشباح الناتجة عن حركة آلة التصوير في لحظة اللقطة التصويرية كثيرا على نوعية الصورة ، ويمكن تقليل هذا التأثير بالطيران على ارتفاع اعلى بسرع ابطأ وباستخدام سرع غلق اكبر لحاجب العدسة. وحيث أن هنالك حدود مقبولة لحركة الاشباح فسيكون لها تأثير على مقدار ارتفاع الطيران.




شكل 18-3

يمكن أن يؤدي استخدام العدسات ذات الزاوية العريضة بارتفاع طيران مقداره H الى حجب الكثير من التفاصيل الارضية عندما يكون هنالك اراضي كثيرة التلال (شكل 18-3) او عندما يكون هنالك مباني مرتفعة كثيرا في شوارع ضيقة كما في المدن. اي أن هنالك ارض ميتة DEAD GROUND في B وC. كما يمكن أن يصعب تناول عملية التصوير هذه تجسيميا . مع ذلك فاستخدام عدسة بزاوية ضيقة NARROW ANGLE (2f) على ارتفاع طيران مضاعف مقداره(2H) سيعطي عملية تصوير مماثلة وبنفس المقياس. كذلك ستظهر اشباح كافة النقاط الثلاث A وB وC عند التصوير بعدسة بزاوية اعتيادية بينما لا يظهر شبحا B

. Cg في حالة التصوير بعدسة بزاوية عريضة. وهذه الحالة إذن يمكن أن تكون عاملا مساعدا في تقرير ارتفاع الطيران.

وتفيد الامثلة الواردة اعلاه في توضيح التعقيدات الموجودة في تحديد المطاليب الملائمة للطيران.

### 3 - 4 - 3 احتساب كلفة المشروع

إن عدد الصور المطلوبة لتغطية موقع معين سوف لن يفيد في تخمين كلفة العمل فحسب وإنما ايضا لتقدير كمية الرقائق الحساسة المطلوبة ولتعيين المواقع التي يجب عندها تبديل علب الرقائق الحساسة، حيث يجب تبديل الرقائق الحساسة خلال الالتفاف إن امكن.

خذ موقعا بأبعاد (200KM x 100KM) المطلوب بأن يكون الطيران فوقه بمعدل مقياس (1/10 000). فبهذا المقياس تكون مساحة الموقع (20M x 10M) في الوقت الذي تكون فيه ابعاد الصورة (230MM x 230MM) حيث أن (60%) منها متداخل. وهكذا تكون مساحة الارض الجديدة المغطاة بهذا المقياس (40%) من 230 ملم اي : = 40% x 230 MM.= 92 MM.
إذن يكون عدد الصور لكل شريط: 20 000 ÷ 92 MM.=218=
اي 218 صورة زائدا صورتين في كل نهاية لضمان التغطية الكاملة ، وبذلك يكون المجموع 222 صورة.

وبنفس الطريقة يكون عدد الشرائط (بفرض تداخل عرضي مقداره (30%)) : (شريط)63=(70% x 230MM)÷000 10=
إذن يصبح العدد الكلي للصور: (صورة)986 13=63 x 222=

يتضح ، بشكل عام ، بأن التخطيط الدقيق هو ضروري لضمان إكمال المشروع بشكل مرضي واقتصادي. فيجب تحضير الخرائط المطلوبة للطيران باعتناء لغرض استخدامها من قبل الملاح.الذي سيتمكن بمعونة المناظير والآلات التصوير الحديثة من التركيز على تنفيذ المشروع.

### 3 - 5 رسم الخطوط القطرية RADIAL-LINE PLOTTING

بسبب الاخطاء والتشويهات الملازمة للصورة الجوية ، يجب استخدام إحدى اشكال منظومات التصحيح لانتاج الخرائط.وتتناسب درجة ضبط منظومة التصحيح المستخدمة، عموما، طرديا مع كلفتها. كذلك فإن التكبير من مقياس الصورة الى مقياس الخارطة سيؤدي الى تكبير للاخطاء الموجودة فيها يتناسب معه ، ما لم يكن قد تم تقليل هذه الاخطاء بواسطة منظومة تصحيح مناسبة. وهكذا يمكن أن تتطلب الخرائط ذات المقاييس الكبيرة المستخدمة الى حد كبير من قبل المهندس ادق انواع التصحيح.وهكذا فإنها ستكون اكثر كلفة. وفيما يلي تصنيفا عريضا لمنظومات التصحيح المتوفرة :

(A)تصحيح دقيق: يقرأ الى حد0.01 ملم:تكبير8 مرات
(B)تصحيح طوبوغرافي: يقرأ الى حد0.01 ملم:تكبير4مرات
(C)تصحيح تقريبي: يقرأ الى حد0.4 ملم:تكبير مرتين
(D)تصحيح مباشر: يقرأ الى حد0.4 ملم:تكبير 0.1 مرة

حيث يقع رسم الخطوط القطرية ضمن الصنف الاخير وهو أسلوب بسيط ومباشر لاعداد الخرائط من صور منفردة.

فكما أشير اليه سابقا، فإن تأثيرات الميل والتموج تسبب زحفا لنقاط الشبح من مواقعها الحقيقية على الخارطة حيث تكون الازاحة الناتجة:
(A) عن الميل قطرية من المركز المشترك ISOCENTRE.
(B) عن التموج قطرية من نقطة الشاقول PLUMB POINT.

مع ذلك، فعندما يكون الميل والتموج محدودين يمكن إفتراض أن إزاحة الشبح هي قطرية من النقطة الرئيسية للصورة PRINCIPAL POINT والتي يسهل تعيينها.

فطالما تبقى التحديدات المذكورة اعلاه سائدة فإن الطريقة تعطي نتائج معقولة جدا يمكن تطبيقها من قبل المهندس بشكل مفيد في تحديث الخرائط القديمة وفي إنتاج الخرائط الاستطلاعية للاستقصاءات الاولية للمشاريع

## 3 - 5 - 1 أسس الطريقة

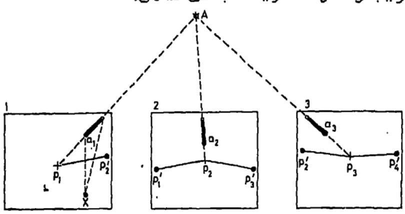
تفترض الطريقة بأن الزوايا المقاسة حول النقطة الرئيسية الى نقاط من التفاصيل تساوي ما يقابلها من الزوايا على الارض. ولو أن هذه الفرضية ، وكما تم توضيحه في تحليل الصورة ، غير صحيحة بسبب الازاحات الناجمة عن الارتفاع و الميل.

خذ الان ثلاث صور عمودية فعلا (شكل 3-19). فستنطبق نقطة الشاقول على النقطة الرئيسية (PP) لعدم وجود ميل ، وستكون الازاحات الناتجة عن ارتفاع المدخنة الممثلة اشباحها بـ $a_1$ و $a_2$ و $a_3$ قطرية من النقطة الرئيسية (PP).

وهكذا فالتقاطع الثلاثي TRISECTION للمدخنة من كل واحدة من الصور الثلاث سيعطي موقع المدخنة كما هو في الاسقاط العمودي للخارطة. فلو كانت قد اختيرت اية نقطة أخرى مثل X على الصورة لنتج موقعين للمدخنة ، وهذا بالطبع غير مقبول. فالطريقة هي إذن مشابهة جدا لطريقة التقاطع الخلفي RESECTION على اللوحة المستوية PLANE TABLE.

أما في التطبيق العملي ، فكل صورة تقريبا تحوي ميلا وهذا يؤدي الى حالة عدم وجود اي موقع على الصورة بـ"زاوية حقيقية". فمن البديهي إذن أنه يمكن استخدام النقطة الرئيسية فقط عندما تكون إزاحات الارتفاع

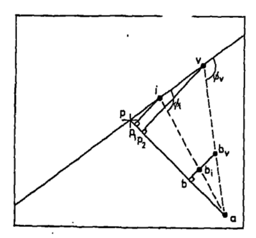
والميل ضمن حدود مقبولة، ويمكن إثبات أن هذه الحدود يمكن تحقيقها فقط عندما يكون الميل محددا بـ °2 وتغيير تموج الارض لايزيد على (10%) من ارتفاع الطيران بتاتا. وتسمى هذه الفرضية "فرضية اروندیل ARUNDEL ASSUMPTION ، حيث أن اروندیل هو اسم المكان الذي تم فيه تجريب وفحص الطريقة بشكل كامل.




شكل 3-19

## 3-5-2 اثبات فرضية اروندیل

خذ تأثيرات الميل اولا ، وافرض بأن خطأ الرسم الذي يقل عن 0.5 ملم يهمل. (الشكل 3-20) يبين النقطة a على صورة مائلة. فإذا رسمت a بطرق الخطوط القطرية باستخدام المركز المشترك $i$ ، فإنها ستثبت في موقعها الحقيقي في $b_i$ ، اي ستكون مصححة عن الميل.




شكل 3-20

وتشير (المعادلة 3-6) من (الفقرة 3-2-5) بأن الازاحة الناتجة عن الميل ( $ab_i$ ) هي:

$$ab_i = \frac{ia^2 \sin\theta \cos\phi_i}{f}$$

مع ذلك ، ولما كان من المقرر استخدام p لرسم الخط القطري فإن $b_i$ ستكون ثابتة في b بحصيلة من خطأ رسم مقداره ( $b_ib$ ). وحيث أن مقدار الميل سيكون عموما اقل من °3 فإن ( $i\hat{p}a \approx \phi_i$ ).

$$\therefore\ ip_1 = ip \sin\phi_i = f \tan(\theta/2) \sin\phi_i$$

ومن تشابه المثلثات:

$$b_l b = \frac{ip_1 \times ab_l}{ia}$$

$$= \frac{f \tan(\theta/2) \sin \phi_l \times ia^2 \sin \theta \cos \phi_l}{ia \times f}$$

$$= ia \sin \theta \tan(\theta/2) \sin \phi_l \cos \phi_l$$

ولكن :

$$\tan(\theta/2) = \frac{\sin(\theta/2)}{\cos(\theta/2)}$$

ثم أن:

$$\sin \theta = 2 \sin(\theta/2) \cos(\theta/2)$$

و :

$$\sin \phi_l \cos \phi_l = \tfrac{1}{2} \sin 2\phi_l$$

والتي عند التعويض تعطي:

$$b_l b = ia\tfrac{1}{2} \sin(2\phi_l) 2 \sin^2(\theta/2)$$

وحيث أن $\theta$ صغيرة فإن $2 \sin^2(\theta/2) \approx \theta^2/2$

$$\therefore\ b_l b = \frac{ia\theta^2 \sin 2\phi_l}{4}$$

من هذه المعادلة يتضح بأن الخطأ هو بأعلى قيمة له عندما تكون( $\theta$=45° )والذي للرقيقة الحساسة بأبعاد (230MM x 230MM)سيعطي اعلى قيمة لـ($ia$)مقدارها162ملم. فإذا افترضت زاوية 2° للميل فإن التعويض في المعادلة سيعطي($b_l b$ =0.05MM) . وهكذا طالما أن الميل محدد بأقل من2° فإن الخطأ الناجم عن استخدام النقطة الرئيسية يكون مهملا.

خذ الآن تأثير تموج الارض. ففي هذه الحالة ، إذا رسمت a بطرق الخطوط القطرية باستخدام نقطة الشاقول $v$، ستكون ثابتة في $b_v$، اي مصححة عن إزاحة الارتفاع. وتشير <المعادلة 3-3> في <الفقرة 3-2-4> الى أن: $ab_v = av(\Delta h/H)$

مع ذلك إذا رسمت من P فإنها ستثبت في b بحصيلة من الخطأ مقداره( $bb_v$ ). ومن تشابه المثلثات:

$$bb_v = \frac{vp_2 \times ab_v}{av}$$

$$vp_2 = pv \sin \phi_v \text{ (assuming } vpa \approx \phi_v)$$

ولكن:

$$vp_2 = f \tan \theta \sin \phi_v$$

وهكذا :

$$\therefore\ bb_v = \frac{f \tan \theta \sin \phi_v \Delta h}{H}$$

والذي يبين بأن اعلى قيمة لـ($bb_v$)تحدث عندما ( $\phi_v$=90° ). فبفرض أن $\theta$ تساوي 2° (ثابتة من التحليل السابق) و (f =152MM) و ($bb_v$ 0.5MM) :

$$\frac{\Delta h}{H} = \frac{bb_v}{f \tan \theta} = \frac{0.5}{152 \times 0.035} \approx \frac{1}{10}$$

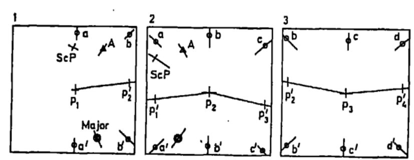
وهكذا ، ولاجل الخروج بخطأ رسم مهمل عند استخدام النقطة الرئيسية(PP) ، فإن تموج الارض يجب ان لا يزيد على (10%) من ارتفاع الطيران.

وهذان العاملان ( المسميان بفرضية اروندبل ) هما المحددين الاثنين لطريقة الخطوط القطرية.

### 3-5-3 تحضير الصور Preparation of photographs

إن الخطوات التالية ضرورية في تحضير الصور:

(1) تأشير خط القاعدة
يتم تعيين موقع النقطة الرئيسية (PP) لكل صورة بالطريقة الاعتيادية وتشخص ويتم تعريفها باستخدام رموز مناسبة ، وهكذا يكون موقع النقطة الرئيسية في مناطق التداخل الان معروفا ،اي موقع $P_2$ على الصورة1مثلا. فإذا وقعت هذه النقاط على نقاط من التفاصيل التي يسهل تعيين مواقعها على الصور المشتركة ، عندها يسهل تأشيرها . وإذا وقعت في مكان خال من المعالم او على الماء فإن افضل طريقة لتحويلها تكون باستخدام جهاز التجسيم STEREOSCOPE وذلك باستخدام إحدى انواع العلامات العائمةFLOATING MARKS ، وتكون قطعتان من اللدائن الشفافة بعلامة الصليب المتماثلة مرسومة على كل منهما مثاليتين لهذا الغرض، فافرض بأنه قد طلب تحويل $P_2$ الى الصورة 1؛ وهكذا توضع كلا الصورتين تحت جهاز التجسيم لتكوين النموذج المجسم STEREO MODEL ، حيث توضع إحدى العلامتين فوق $P_2$ تماما في الصورة 2 بينما تحرك العلامة الثانية حول المنطقة المطلوبة في الصورة 1 حتى تظهر العلامتان كأنهما علامة واحدة. ويتم الان تحريك العلامة في الصورة 1 باتجاه محور الـ x حتى تظهر النقطة المتطابقة ثابتة على الارض ، وهذا هو إذن موقع $P_2$ في الصورة 1. وتنعكس هذه الحالة عند تحويل $P_1$ الى الصورة 2. وعندما يتم تحديد مواقع كافة النقاط الرئيسية يتم توصيلها ببعضها لتكوين خطوط القاعدة ، وستظهر كالنقاط الرئيسية في (الشكل 3-21).




شكل 3-21 ● Minor control points النقاط الثانوية للضبط ▲ Ground control points نقاط الضبط الارضي ● Major tie points نقاط الربط الكبرى

(2)النقاط الثانوية للضبط(MCP) MINOR CONTROL POINTS
النقاط الثانوية للضبط (MCP) هي نقاط من التفاصيل على الصور يسهل تمييزها كتقاطعات الطرق واركان

الاسيجة ..والخ، ويتم اختيارها من مواقع مبينة في (الشكل 3-21). ويجب أن يكون بعد نقطة الضبط الثانوية من النقطة الرئيسية مساويا تقريبا الى قيمة متوسط خطوط القاعدة التي تظهر على تلك الصورة المطبوعة لضمان تقاطع جيد. ويجب أن تكون على ارتفاع يساوي متوسط ارتفاع الموقع ومرئية بوضوح على ثلاث صور متتالية إن امكن.

(3) نقاط الضبط الارضي (GCP) GROUND CONTROL POINTS و نقاط الربط (TP) TIE POINTS

ويتم الآن تعيين مواقع نقاط الضبط الارضي الافقية وتشخص ثم تعلم برسم شكل مثلث حولها. وعندما يكون هنالك كتلة من الشرائط عندها يتوجب استخدام نقاط إضافية تعرف بـ"نقاط الربط(TP)" في التداخل العرضي لربط الشرائط المتجاورة، ولكل من اول صورتين وآخر صورتين من الشريط نقاط ربط يتم اختيارها بشكل خاص والتي تدعى احيانا "النقاط الكبرى MAJOR POINTS". ويجب أن تكون هنالك نقطة ربط(TP) عند كل رابع نقطة رئيسية ، ويمكن أن تكون نقطة الضبط الارضي الثانوية(MCP) المسبق تحديدها نفسها نقطة الربط (TP).

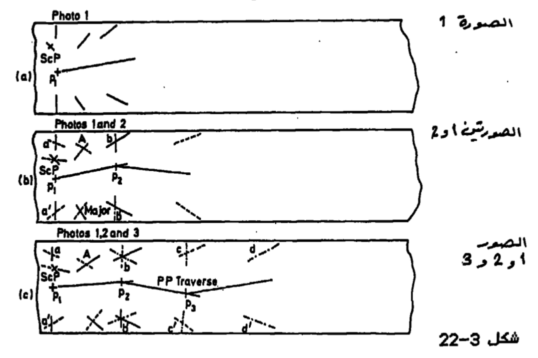
(4) نقطة المقياس (ScP) SCALE POINT
يتم اختيار نقطة المقياس (ScP) لتثبيت مقياس كامل الشريط ، ويجب أن تكون هذه النقطة واقعة على ارتفاع يساوي متوسط ارتفاع الشريط ، كما يمكن أن تكون نقطة المقياس نقطة ضبط ثانوية(MCP) او حتى نقطة ضبط ارضي (GCP) إذا أوفت بالمتطلبات.

وعند الانتهاء من تثبيت كل هذه النقاط يتم رسم خطوط قطرية قصيرة من خلالها ومن النقطة الرئيسية(PP) في كل صورة. وبذلك يتم تحضير الصور والتي ستظهر كما في (الشكل 3-21).

### 3-5-4 . انشاء مخطط الخطوط القطرية

بسبب العوامل المتعددة التي سبق وأن نوقشت ، يجب أن يكون معلوما بأن كل صورة في الشريط تختلف عن غيرها بالمقياس. وأول خطوة إذن هي ايجاد شريط للصور بمقياس مشترك، وكما يلي: يتم تثبيت شريط من مادة رسم من اللدائن المستقرة على الصورة الاولى ويتم استنساخ البيانات التالية: الموقع الدقيق لـ $P_1$ و(ScP) فقط زائدا الخطوط القطرية من خلال بقية التفاصيل وخط القاعدة. سيظهر المخطط كما هو مبين في(الشكل 3-A22). فترفع الصورة الاولى ويتم تحويل اللوحة اللدنة فوق الصورة الثانية بوضع القاعدة المرسومة عليها فوق القاعدة($P_1'$ $P_2$)في الصورة الثانية ، وبهذا الوضع يتم تحريكها الى الخلف والى الامام حتى يتقاطع الخط القطري المار بـ(ScP) مع الموقع المرسوم لـ(ScP).

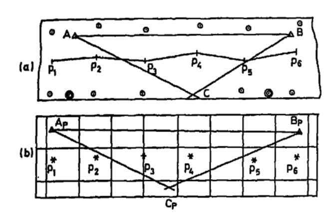
وبهذا الوضع تمسك اللوحة وتؤشر $P_2$ مع كافة الخطوط القطرية الاخرى. فتظهر اللوحة الان كما في (الشكل B22)
والان توضع اللوحة اللدنة فوق الصورة الثالثة ويتم ربطها بشكل ملائم بالقاعدة ($P_2 P_3$) ، ثم تحرك الى الخلف والى الامام حتى يقطع الخطان القطريان b و b' التقاطعين b و b'. عند ذلك تمسك اللوحة وتستنسخ بقية التفاصيل كما هو مبين في (الشكل C22-3). وتستمر العملية الى نهاية الشريط مكونة بذلك "مضلع النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT TRAVERSE" بمقياس رسم مشترك ولكن غير معروف. وسيكون المقياس عبارة عن نسبة المسافة ($P_1 - S_cP$) على الصورة الى المسافة المقابلة لها على الارض. وحيث ان ($S_cP$) هي متوسط ارتفاع الموقع فإنها ستساوي متوسط المقياس لكافة الصور في الشريط.




شكل 22-3

الخطوة التالية هي تحويل مقياس الشريط الى مقياس معلوم ، او بالاحرى الى المقياس التجميعي COMPILATION SCALE للخارطة المطلوب إعدادها ، وهذا يتم بسهولة باستخدام طريقة النقاط الثلاث. فافرض بأنه عندما يكتمل الشريط يظهر كما في (الشكل A23-3) حيث قد تم توصيل نقطتي الضبط A و B بخط مستقيم واختيرت النقطة الثالثة C لتكون مثلثا متزنا جدا WELL CONDITIONED. ويتم الان تشبيك شريط ثان بدقة بالمقياس المطلوب ، ثم ترسم فوقه نقاط الضبط الارضي في $A_p$ و $B_p$ ويوضع هذا الشريط فوق الشريط الاول بـ $A_p$ فوق A والخط ($A_p B_p$) باستقامة B ثم يرسم الخط القطري بحيث يمر بـ C. ويتم تحريك الشريط الان لجعل $B_p$ فوق B وباستقامة A ، ثم يرسم خط قطري ثاني ليمر بـ C ، وهذا يعطي الموقع بالمقياس الصحيح $C_p$.
وتتكرر هذه العملية باستخدام كل ثلاث نقاط بالتسلسل ، وترسم الخطوط القطرية من خلال النقطة الرئيسية (PP).
وهذه التقاطعات الثلاثية تعطي النقاط الرئيسية (PP) في

مواقعها بالمقياس الصحيح(شكل B23-3)، وتتكرر العملية لتعطي مواقع الـ(MCP)... والخ.




شكل 23-3

يمكن ان يتم الآن رسم التفاصيل بوضع الصورة 1 تحت اللوحة المشبكة بنقطتها الرئيسية (PP) تحت $P_1$ وتضبط استقامة القاعدة. من ثم ترسم خطوط قطرية من $P_1$ الى كافة نقاط التفاصيل المهمة. ايضا، توضع الصورة 2 تحت $P_2$ وترسم خطوط قطرية لتحديد النقاط المطلوبة. والان يمكن رسم بقية التفاصيل يدويا بين مجموعتي النقاط التي تم تثبيت مواقعها بدقة وذلك باحتساب القيم الوسطية بينها.

## 3-5-5 التعديل الكتلوي Block adjustment

عندما يكون هنالك اكثر من شريط واحد، يجب ان تكون الشرائط ثابتة نسبة الى بعضها بالمقياس الصحيح.

يتم إنشاء المشبك الرئيس وتثبت كافة نقاط الضبط الارضي عليه. حيث يعدل الشريط الاول بموجب المشبك الرئيس بنقطتي الضبط الارضي في $A_P$ و $B_P$. من ثم يعدل الشريط الثاني بموجب الشريط الاول باستخدام نقطة الربط الكبرى (MAJOR(TP الموجودة في التداخل العرضي، وهكذا بالنسبة لباقي الشرائط. وبشكل عام، سيتم العثور على فروقات بين نقاط الربط المتبقية والتي إذا كانت صغيرة (اصغر من1ملم) يمكن ان تعدل من خلال حركة بسيطة للازاحات المتساوية للشرائط. أما إذا كانت الفروقات كبيرة فإنها تقاس بفروقات التشريق والتشميل وتجمع هذه القيم ويستخرج وسطها الحسابي جبريا. من ثم يجري تزحيف الشرائط بانتظام بمقدار هذا الوسط الحسابي لاعطاء التطابق. ولقد أبقي شرح التعديل الكتلوي بأقل قدر ممكن من التفصيل لانه حتما سينجز بطريقة القوالب الرقيقة المخرمة SLOTTED TEMPLATES الميكانيكية.

## 3-6 تركيبة القالب الرقيقي المخرم

## SLOTTED-TEMPLATE ASSEMBLY

إن طريقة القالب الرقيقي المخرم هي طريقة شبه

ميكانيكية لانتاج مخطط الخطوط القطرية ، وقاعدة العمل بها هي كما في الطرق سالفة الذكر.

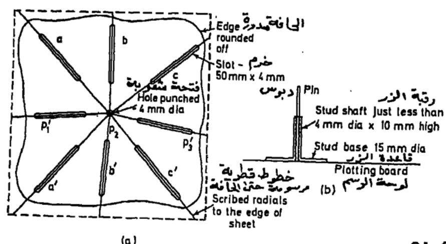
### 1 - 6 - 3 تحضير القالب الرقيقي Preparation of template

يتم تحضير الصور بنفس الطريقة المتبعة في رسم الخطوط القطرية تماما،فيماعدا نقطة الربط (TP) ونقطة المقياس (ScP)، وتكون نقاط الضبط الثانوية (MCP) الموجودة في التداخل العرضي كافية لربط الشرائط المتجاورة.

من ثم يتم تغطية الصورة بصفيحة بلاستيكية شفافة حيث تؤشر النقطة الرئيسية (PP) وترسم الخطوط القطرية بواسطة ابرة دقيقة. بعد هذا، تثقب فتحة على(PP) بدقة والتي ستسمح بوضع القالب على نتوء في آلة قطع القالب المخرم حيث يخرم القالب بموجب الخطوط القطرية المرسومة عليه بدقة. ثم تقص اركان القالب بشكل دائري لتسهيل الحركة. وهكذا سيظهر القالب الرقيقي للصورة 2 في (الشكل 3-21) كما في (الشكل 3- A24).

### 2 - 6 - 3 تركيبة القوالب Template assembly

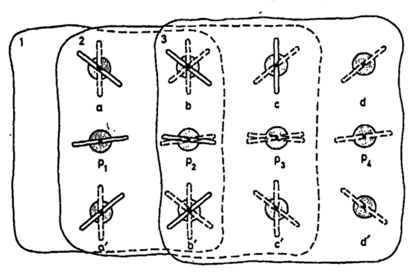
والان يتم تشبيك لوحة رسم بدقة ، ويرسم الضبط الارضي عليها ، وتثبت دبابيس دقيقة على نقاط الضبط الارضي (GCP) بدقة. وتوضع ازرار على هذه الدبابيس كما هو مبين في (الشكل 3-B24). وتكون هذه الازرار بالوان مختلفة لتمييز نقاط الضبط الارضي (GCP) عن نقاط الضبط الثانوية (MCP) وعن النقاط الرئيسية (PP).




شكل 3-24

عند وضع القوالب على لوحة الرسم ، يشرع عادة بالشريط الذي يحوي اكثر عدد من نقاط الضبط الارضي ، وهذا يسمح بتثبيت مقياس وسمت التركيبةASSEMBLY باعلى درجة من الضبط، فبالنظر الى الصورة في(الشكل 3-21) ، بوضع الخرم SLOT الذي يمثل نقطة الضبط الارضي A على

الزر المناسب المثبت على اللوحة، ويوضع الان زر في كل من الخروم المتبقية وفي ثقب النقطة الرئيسية(PP) حيث تكون الازرار حرة الحركة في داخل الخروم وعلى طولها.
ثم توضع خروم القالب الثاني على ما يناسبها من الازرار في القالب الاول وتملا بقية الخروم مرة ثانية بالازرار.
وتستمر هذه العملية حتى يتم التوصل الى ضبط ارضي ثان.
إنه من غير المحتمل ان ينطبق الخرم المناسب على زر الضبط الارضي المدبس على اللوحة، وهكذا يمكن ان تدعو الحاجة الى تضييق او مط كامل التركيبة بهدوء، وستتحرك الازرار بموجب هذا داخل خرومها. وهكذا فإن كل الازرار ستأخذ مواقعها الصحيحة في الخرم وحسب المقياس بفضل إمكانيتها من الحركة الحرة داخل وعلى طول الخروم الثلاثة المتقاطعة في القوالب (شكل 3-25).




شكل 3-25

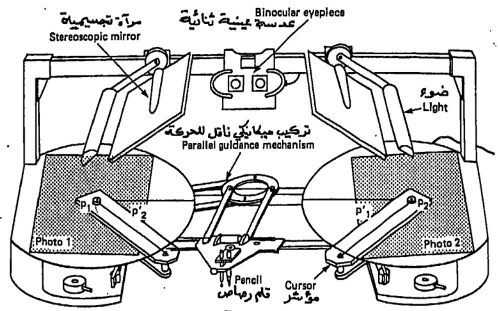
فبعد أن تم تثبيت المقياس توضع باقي الشرائط الان بنفس الطريقة على نقاط الضبط الارضي(GCP) ونقاط الضبط الثانوية (MCP) في منطقة التداخل العرضي، ثم يسمح لكامل التركيبة بأن تستقر وتثبت دبابيس في الازرار الفارغة، وعندها ترفع القوالب TEMPLATES.

إن الفائدة الرئيسية من هذه الطريقة هي أنها تلغي اعمال تثبيت المقياس كما أنها تلغي التعديلات المطلوبة في طرق "الخطوط القطرية" التخطيطية BLOCK ADJUSTMENTS.

### 3-6-3 الاخطاء

يمكن أن تنجم الاخطاء نتيجة لتضييق القوالب عند وضعها في مواقعها، والاسباب الرئيسية لذلك هي: (I) التحضير الرديء للصورة (II) قص غير مضبوط للقالب (III) السهو في رسم الضبط الارضي (IV) خطأ في حسابات الضبط الارضي (V) خطأ في تشخيص النقاط (VI) ميل كبير في الصورة، والتي في هذه الحالة يجب أن تعدل ويحضر قالب جديد (VII) تموج كبير في الارض والذي قد يؤدي الى ضرورة استخدام نقطة الشاقول بدلا من النقطة الرئيسية.

## 3-6-4 راسمة الخطوط القطرية Radial-line plotter




شكل 3-26 راسمة الخطوط القطرية

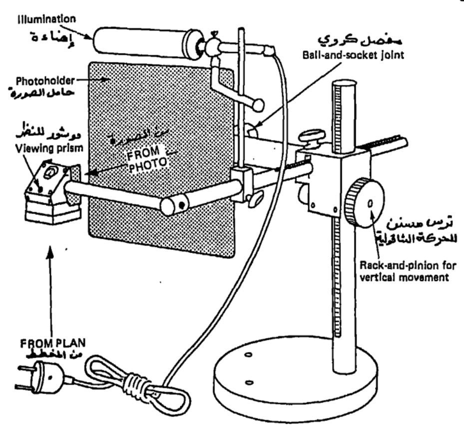
إن راسمة الخطوط القطرية هي آلة بسيطة جدا (شكل 3-26) تعطي تعديلا تقريبيا للصورة الجوية وتعمل بنفس مبدأ التقاطع التخطيطي GRAPHICAL INTERSECTION آنف الذكر. حيث يتم تثبيت خط القاعدة للصورتين ويتم تثبيت الصورتين حول نقطتيهما الرئيسيتين على الطبقتين الافقيين للجهاز، يتم بعدها تدوير الصورتين حتى يصبح خطا القاعدة باستقامة واحدة ، عند ذلك تثبت الصورتان على الطبقين حيث تكونان جاهزتين للمشاهدة التجسيمية- راجع(الفقرة 3-7). وكما هو موضح فإن هنالك عتلة(مؤشر) فوق كل من الصورتين تدور حول النقطة الرئيسية ، فعندما تشاهد الصورتان بالمنظار التجسيمي STEREOSCOPE تتقاطع الخطوط القطرية لتكون صليبا على النموذج التجسيمي ثلاثي الابعاد لمنطقة التداخل في الصورتين. وستسمح حركة قلم الرسم الى تحريك الصليب فوق تفاصيل مختارة والتي بهذه الطريقة ترسم على الخارطة المراد تحديثها .

إن للماكنة إمكانية تكبير محدود ((x0.5) الى(x2)) وهي لا تعير للميل اعتبارًا ، مع ذلك ، كمنظومة تعديل تقريبية فهي لا تتطلب معرفة مسبقة او تدريب ، وهي رخيصة نسبيا وتوفر إجابة ابسط واسرع بكثير من الطرق التخطيطية.

## 3-6-5 آلة التخطيط Sketchmaster

من المناسب في هذه المرحلة أن نذكر آلة بسيطة أخرى التي يمكن أن تستخدم من قبل المهندس بسهولة لتحديث المرتسمات المتوفرة والمنتجة من الصور الجوية.

وكذا جهاز يدعى "آلة تخطيط SKETCHMASTER"(شكل 3-27)، وهي راسمة بسيطة عاكسة تعطي تعديلا تقريبيا لصورة جوية واحدة.




شكل 3-27 آلة تخطيط صنع زايز

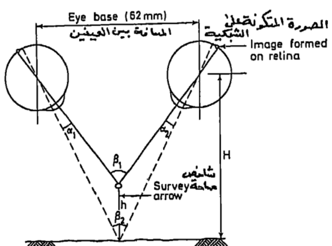
تتألف هذه الآلة أساسا من حامل للصورة وموشور للنظر والذي يمكن ان يتحرك بالاتجاهين الشاقولي والافقي بواسطة تركيبة ميكانيكية مؤلفة من قضيبين وترسين مسننين. أما حامل الصورة فهو مثبت على تركيب كروي يسمح بالحركة بكافة الاتجاهات. وعند النظر في عينية الموشور يمكن رؤية الصورة وهي تغطي الخارطة، كما وأن إمكانية الحركة المذكورة أعلاه تسمح لشبح الصورة المغطية بأن يقاس بنفس مقياس الخارطة. وحيث أن مقياس الصورة هو غير منتظم على امتدادها فإن الحاجة ستدعو الى التعامل مع كل مساحة صغيرة منها على حدة وبتسلسل. وبهذه الطريقة يمكن نقل التفاصيل الموجودة في الصورة يدويا مباشرة على الخارطة القديمة.

## 3 - 7 عملية المشاهدة التجسيمية STEREOSCOPY

لقد تم البحث لحد الان في إنتاج تفاصيل القياسات المستوية فقط. أما "عملية المشاهدة التجسيمية" فهي عملية الرؤية بثلاثة ابعاد وهي تمكّن من الحصول على البعد الشاقولي، وسيجري الان توضيح تطبيق عملية الرؤية.

التجسيمية على المسح الجوي من خلال ربط عمليات الرؤية البشرية بعمليات الرؤية من خلال الـة التصوير الجوية والتي تؤدي الى إنتاج ازواج من الصور المتداخلة.

## 3-7-1 الرؤية التجسيمية في اعمال المسح الجوي



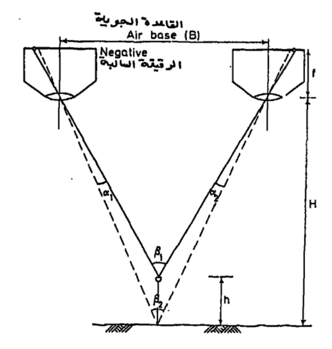

شكل 3-28

خذ الان توضيحا مبسطا لعملية الرؤية عند النظر الى الاسفل الى شاخص مغروس في الارض (شكل 3-28). حيث يشاهد الشاخص في وقت واحد ومن موقعين مختلفين. فالصورتان تتطابق لتكون صورة في الدماغ ثلاثية الابعاد. وتسمى الزاويتان $\alpha_1$ و $\alpha_2$ "زاويتا اللم ANGLES OF CONVERGENCE" ، ويمكن ان تعرفا بأنهما قابلية العينين على الدوران في مجال حركتهما في وقت واحد. أما قابلية التبئير FOCUSING على مسافات مختلفة فتسمى "التكيف ACCOMMODATION" ، بينما تسمى السيطرة على تغيير فتحة بؤبؤ العين "الملاءمة ADAPTATION" ، وتسمى الزاويتان $\beta_1$ و $\beta_2$ "زاويتا اختلاف النظر PARALLACTIC ANGLES" وهما بدلالة التحسس التجسيمي للارتفاع ، اي :

$$h = f(\beta_1 - \beta_2) = f(\alpha_1 - \alpha_2)$$

فالفهم العام يقول لنا بأنه إذا اخذ شخص الى ارتفاع 2000م مثلا ، فإن زاويتي اختلاف النظر ستكونان صغيرتان جدا بحيث تجعلا تمييز الارتفاع غير ممكن. وتظهر "اختلافات النظر الافقية HORIZONTAL PARALLAXES" للشاخص على شبكية العين ، وهذه تكون بدلالة زوايا اختلاف النظر وهذا بديهي من الشكل.

فكما ان الفهم العام قد بين ان هنالك علاقة واضحة بين القاعدة في العين (او في الهواء) وارتفاع الطيران في تعيين الارتفاع ، عليه يجب زيادة المسافة بين العينين بشكل كبير عند الطيران ، كما مبين في (الشكل 3-29). ويمكن الآن فهم التشابه بين الرؤية البشرية وعملية المسح الجوي بكل وضوح.




شكل 3-29

فلذا طبعت الان الرقائق السالبة بشكل صور (موجبة) وشوهدت في آن واحد بحيث أن العين اليسرى تشاهد الصورة اليسرى فقط والعين اليمنى تشاهد الصورة اليمنى فقط ، ستتكون صورة في الدماغ بثلاثة ابعاد. ويمكن الحصول على الحالة المذكورة اعلاه بكل سهولة عند مشاهدة الصورتين في جهاز التجسيم كما في (الشكل 3-30). فالصورة ثلاثية الابعاد المتكونة تسمى "النموذج المجسم STEREO MODEL" وتسمى الصورتان المستخدمتان لذلك "الزوج التجسيمي STEREO PAIR". عموما ، يكون النموذج المجسم مضخما ، ويمكن ان يكون هذا مفيدا في عملية الارتفاع ، خصوصا عندما تكون طبيعة الموقع مستوية. وهكذا يمكن تخطيط عملية التصوير بحيث تزيد او تقلل هذا التأثير . فلذا كانت قيمة f ثابتة ، فمن نسبة القاعدة الى الارتفاع يمكن الاثبات بأنه لأجل تقليل ارتفاع الطيران الى النصف يجب مضاعفة تأثير الارتفاع HEIGHT OF IMPRESSION . كذلك يمكن الاثبات بأن زيادة مسافة الرؤية في جهاز التجسيم تعطي زيادة متناسبة في تأثير الارتفاع.

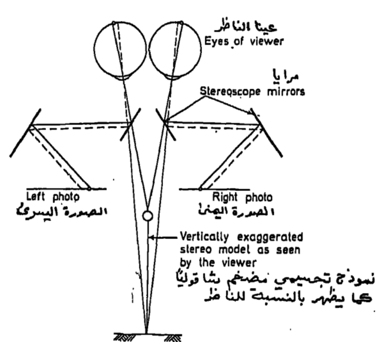
## 3-7-2 ظاهرة اختلاف النظر Parallax

فكما هو مبين سابقا ، يكون الارتفاع التجسيمي بدلالة زوايا اختلاف النظر والتي بدورها تكون بدلالة الاختلافات الافقية باختلاف النظر HORIZONTAL PARALLAXES. وحيث أن الزوايا تحدث في الفضاء فإنه لايمكن قياسها من على الصورة الجوية. وهكذا يمكن استخدام الاختلافات الافقية في النظر لاعطاء الارتفاعات الشاقولية.

يبين (الشكل 3-31) زوجا تجسيميا بالوضعين الافقي والعمودي ، والمطلوب قياس اختلاف النظر ($P_A$) للنقطة A.

يعرف اختلاف النظر لنقطة ما A بأنه حركتها الظاهرية الموازية لخط القاعدة في العين EYE BASE عندما تشاهد من موقعين مختلفين، وهكذا تظهر A في $a_1$ عندما تشاهد من $L_1$ وفي $a_2$ عندما تشاهد من $L_2$ ، وبتداخل الصورتين تظهر الحركة الظاهرية لـ A بمقدار ( $a_1a_2'$ ) ، أي أن ( $L_1a_2'$ ) يوازي ( $L_2a_2$ ) . وهكذا يتبين بأن اختلاف نظر A هو "الفرق الجبري لمركبتي x".

$$\therefore\ P_A = a_1a_2' = [x_1 - (-x_2)] = (x_1 + x_2)$$




شكل 3-30

لاحظ جيدا : بأن المركبتين x تقاس دائما بموازاة قاعدة الصورة وليس بموازاة محور الاسناد، فبينما يشير هذا الى أن بالامكان قياس اختلاف نظر نقطة ما بسهولة من الصورة باستخدام مسطرة بسيطة ، في الحقيقة ، إن ما يقاس هو الفرق في اختلاف النظر بين النقاط وكما سيتم شرحه فيما بعد .

## 3-7-3 المعادلة الاساسية لاختلاف النظر

يمكن استنتاج هذه المعادلة بسهولة من (الشكل 3-31) الذي فيه المثلثين ($L_1 L_2 A$) و ($a_2'L_1a_1$) متشابهين:

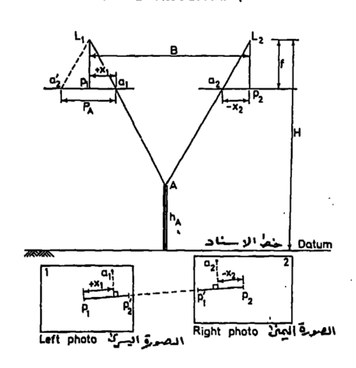
$$\frac{a_2'a_1}{L_1p_1} = \frac{L_1L_2}{H - h_A}$$

ولكن:

$$a_2'a_1 = P_A \quad و \quad L_1p_1 = f \quad و \quad L_1L_2 = B$$

$$\therefore\ P_A = \frac{fB}{(H - h_A)} \qquad ...(3-17)$$

وكما هو مبين في (الشكل 3-31) فإن (المعادلة 3-17) تفترض صورا شاقولية تماما ومأخوذة من ارتفاع واحد بالضبط ، وهذه الحالة نادرا ما تحدث، وهكذا فإن الارتفاعات المستخرجة باستخدام هذه المعادلة غالبا ما تسمى "الارتفاعات الخام CRUDE HEIGHTS".




شكل 3-31

من مقياس الصورة؛ المعروف أن: $b/B = f/(H-h)$ = (المقياس)
حيث أن b هي متوسط قيمة قاعدة الصورة ($b=(b_1+b_2)/2$) و h هو متوسط ارتفاع الموقع.

$$\therefore\ B = \frac{b(H-h)}{f}$$

والتي عندما تعوض في (المعادلة 3-17) تعطي:

$$P_A = \frac{b(H-h)}{H-h_A}$$

وحيث أن ( $H-h$ ) هو متوسط ارتفاع الطيران ، فهو غالبا يكتب:

$$P_A = \frac{bH_a}{H-h_A} \quad \ldots(18\text{-}3)$$

مع ذلك وكما ذكر سابقا ، فإنها ممارسة طبيعية أن يقاس الفرق باختلاف المنظر ($\Delta P$) بين نقطتين باستخدام جهاز يسمى "قضيب اختلاف المنظر PARALLAX BAR" ، وهكذا بأخذ النقطتين A و C بنظر الاعتبار :

$$P_A = \frac{fB}{H-h_A} \qquad\qquad P_C = \frac{fB}{H-h_C}$$

$$\therefore \ (H - h_A) = fB/P_A \qquad و \qquad (H - h_C) = fB/P_C$$

$$\therefore \ (H - h_C) - (H - h_A) = h_A - h_C = \Delta h_{AC}$$

$$= fB(1/P_C - 1/P_A) = fB\left(\frac{P_A - P_C}{P_A P_C}\right)$$

ولكن: $P_A - P_C = \Delta P_{AC} =$ (الفرق باختلاف النظر بين A و C)

$$\therefore \ \Delta h_{AC} = \frac{fB}{P_A} \times \frac{\Delta P_{AC}}{P_C}$$

وحيث أن:

$$P_C = P_A + \Delta P_{AC}$$

$$\Delta h_{AC} = \frac{fB}{P_A} \times \frac{\Delta P_{AC}}{P_{AC} + \Delta P_{AC}}$$

إذن:

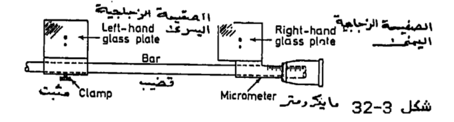
$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A)\Delta P_{AC}}{P_A + \Delta P_{AC}} \qquad \ldots(19-3)$$

وفي الاراضي المستوية نسبيا يكون المقدار ($\Delta P_{AC}$) الذي في المقام مهملا ، وهكذا :

$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A)\Delta P_{AC}}{P_A} \qquad \ldots(20-3)$$

وبتمحيص المعادلة الاساسية (3-17) يتبين بأنه إذا زادت $h_A$ فإن $P_A$ يجب أن تزداد ايضا. وهكذا فالقاعدة المهمة في اختلافات النظر الناجمة عن الارتفاع هي : كلما كانت النقطة عالية ، كلما كان إختلاف نظرها اكبر.

## 3-7-4 قياس اختلاف النظر




شكل 3-32

يتم قياس اختلاف النظر الناجم عن الارتفاع عادة ، باستخدام قضيب اختلاف النظر (شكل 3-32). فتتألف هذه الآلة أساسا من قضيب يحمل صفيحتين زجاجيتين مخدوشة عليهما نقطتين صغيرتين وأخرتين كبيرتين حيث تستخدم النقطتان الصغيرتان عند مشاهدة النموذج المجسم وهو مكبر. فالصفيحة اليسرى يمكن تحريكها بأي اتجاه على طول القضيب كما يمكن تثبيتها ، أما الصفيحة اليمنى فتتحرك فقط من خلال تحريك المايكروميتر. وتتم قياسات اختلاف النظر بدرجة ضبط مقدارها 0.01 ملم.

أما قياس الارتفاع فيكون كما يلي: تثبت الصورتان اولا بحيث يكون خطا قاعدتيهما في مستوى واحد للمشاهدة

(A) باستخدام معادلة اختلاف النظر الاساسية ($P_A = fB/H - h_A$) احسب اختلاف النظر ($P_A$) للنقطة الضبط الارضي A ذات المنسوب المعلوم $h_A$. وستكون كلا من (fB) وH معلومة ايضا - راجع (الفقرة 3-7-6) .

(B) خذ قراءة قضيب اختلاف النظر على النقطتين الشبحيتين $a_1$ و $a_2$ للنقطة الضبط الارضي A .

(C) والان خذ قراءة القضيب على النقطة C، فالفرق بين القراءة على A والقراءة على C سيساوي ($\Delta P_{AC}$) .

(D) ولما كانت $P_A$ معلومة فإن ($P_C = P_A \pm P_{AC}$) حيث تكون $\Delta P_{AC}$ موجبة إذا كانت C اعلى من A وسالبة إذا C اوطأ منها . وأن كون C اعلى او اوطأ من A فهذا يمكن الكشف عنه من فحص النموذج المجسم و/او من قراءات القضيب.

(E) والان إحسب منسوب النقطة C اي ($h_C$) من المعادلة الاساسية ($P_C = fB/H - h_C$). وبطريقة اخرى يمكن إحتساب ($\Delta h_{AC} = (H - h_A)\Delta P_{AC} / P_A + \Delta P_{AC}$) . وبمعرفة منسوب A يمكن الحصول على منسوب C.

(F) وتستمر الان هذه العملية، فمثلا ، ستعطي قراءة القضيب على نقطة D المقدار ($\Delta P_{AD}$) والذي يمكن الحصول منه على ($h_D$) او ($\Delta h_{AD}$) وكما مبين في (D) و(E) اعلاه.

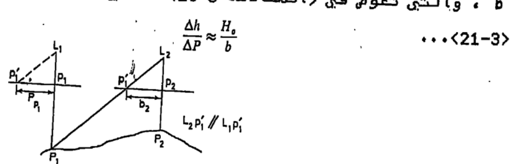
## 3-7-6 الخطأ في معادلة اختلاف النظر

لا يفترض بالتحليل التالي أن يعطي مؤشرا لدرجة الضبط ACCURACY التي يمكن بها الحصول على الارتفاعات من إختلاف النظر.

(1) قياس إختلاف النظر ($\Delta P$)

يمكن تعريف الدقة المطلوبة لقراءات القضيب كما يلي: يمكن - بواسطة مرتسم بسيط - إثبات أن إختلاف نظر النقطة الرئيسية $P_1$ يساوي طول خط قاعدة الصورة $b_2$ ، بينما يكون إختلاف نظر النقطة $P_2$ مساويا $b_1$ - أنظر (الشكل 3-34). وهكذا فإن اختلاف نظر النقاط الرئيسية (PP) هو b ، والتي تعوض في (المعادلة 3-20) لتعطي:

$$\frac{\Delta h}{\Delta P} \approx \frac{H_o}{b} \qquad \cdots(21-3)$$




شكل 3-34

خذ عملية تصوير بحجم (230ملم X 230ملم) من ارتفاع 3000م وبتداخل (60%) والتي تكون فيها ($b \approx 92MM$).

$\therefore \frac{\Delta h}{\Delta P} \approx \frac{3000}{92} \approx 33 \text{ m/mm}$

وحيث أن 3000م هو السقف لغالبية المسوحات الجوية و ($\pm$0.03MM) هو المعدل لخطأ قضيب إختلاف النظر، فإن خطأ الارتفاع سيكون اقل من 1م ، اي (33 x 0.03= 0.99 M).

(2) إرتفاع الطيران (H)

إن للخطأ في قيمة H تأثير حرج على المعادلات اكبر من اي من المركبات الاخرى ، ويمكن إثبات أن الخطأ يتناسب مع ارتفاع الطيران ، اي:

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{2\delta H_o}{H_o} \qquad ...(22\text{-}3)$$

حيث أن $H_o$ هو ارتفاع الطيران فوق متوسط سطح الارض.

وهكذا اذا تطلب الفرق بالارتفاع المستخرج من اختلاف النظر درجة ضبط مقدارها 1 الى 100 فان درجة ضبط ارتفاع الطيران يجب أن تكون 1 الى 200 . فبالنسبة لـ ($\Delta h$ =100M) وهكذا مضبوطة لاقرب 1 متر فإن ($H_o$=2000M) سيتطلب بأن يكون مضبوطا لاقرب 10 متر ، وكذا درجة ضبط لا تكون ممكنة من قراءات مقياس الارتفاع ALTIMETER ، وعليه يتبع الاسلوب التالي :

خذ النقطتين A وC معلومتي المنسوب واللتين قد تكونان نقطتين لتفاصيل على الخارطة او نقطتي ضبط ارضي بحيث أن شبحيهما على الصورة يكونان a وc . وافرض بأن متوسط منسوب النقطتين يساوي $h_o$ والمسافة المقاسة بين النقطتين على الصورة تساوي $l$ . وهكذا، إذا كانت المسافة الحقيقية على الارض بين النقطتين L ، يكون لدينا :

$l/L$=(مقياس الصورة)= $f/H-h_o$

والتي منها :

$$H = fL/l + h_o \qquad ...(23\text{-}3)$$

فإذا كان موقع a و c متماثلا حول النقطة الرئيسية(PP) ، فإن تأثيرات الميل وفرق الارتفاع بينهما يكون صغيرا . يجب المضي بهذه الطريقة لاكبر عدد ممكن من ازواج النقاط في كل صورة ، وتطبق القيمة الوسطية.

(3) البعد البؤري (f)

في هذه الحالة ، يتغير الخطأ المتناسب PROPORTIONAL ERROR في فروقات الارتفاع المستخرجة من إختلاف النظر طرديا مع الخطأ المتناسب في البعد البؤري، اي:

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{\delta f}{f} \qquad ...(24\text{-}3)$$

وهكذا ، إذا كان فرق الارتفاع المطلوب - كما في الحالة السابقة- 100م بدرجة ضبط مقدارها 1متر فإن(f=152.4MM) يجب أن تكون بدرجة ضبط مقدارها 1.5 ملم والتي هي بالتأكيد ضمن حدود إمكانية آلة تصوير معيرة.

(4) القاعدة الجوية AIR BASE (B)

كما في اعلاه ، فإن :

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{\delta B}{B}$$ ...(25-3)

فإذا كانت ($f$ =150MM) و(H=3000M) فإن(B=1840M)لتداخل مقداره(60%). وهكذا ، فخطأ متناسب مقداره 1 الى 100لـ (Δh=100M)سيكون معادلا الى خطأ مقداره 18.4م في B.
ويمكن الحصول على قيمة للقاعدة الجوية من قياس المسافة بين النقاط الرئيسية المثالية من مخطط للخطوط القطرية، ومن ثم يطبق مقياس المخطط على هذه المسافة.

وبطريقة اخرى، إذا عرفت المسافة بين نقطتي الضبط الارضي A وC اللتان تظهران في منطقة تداخل زوج من الصور، فإن إحداثياتها يمكن أن تقاس باعتناءباستخدام قاعدة الصورة PHOTO BASE كالمحور $x$ والخط العمود على القاعدة كالمحور $y$ ، اي $x_a$ و $y_a$ ثم $x_c$ و $y_c$.
كذلك يتطلب الامر معرفة إختلاف نظر النقطتين. وعليه :

$$X_A = Bx_a/p_a \qquad Y_A = By_a/p_a$$
$$X_B = Bx_b/p_b \qquad Y_B = By_b/p_b$$

حيث أن X وY هما الاحداثيين الارضيين للنقطتين.

المسافة الافقية ($D_{AB}$) :

$$D_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{\frac{1}{2}}$$

ثم بالتعويض عنX وY والترتيب ينتج:

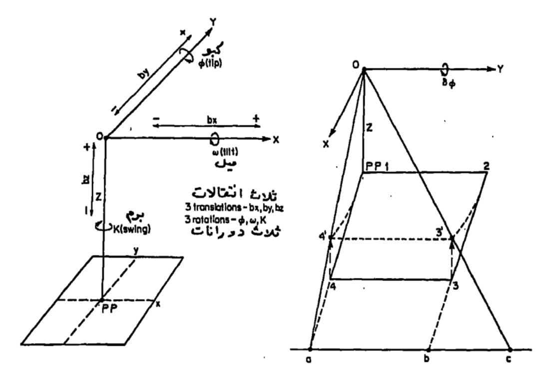
$$B = \frac{D_{AB}}{\left[\left\{\frac{x_a}{p_a} - \frac{x_b}{p_b}\right\}^2 + \left\{\frac{y_a}{p_a} - \frac{y_b}{p_b}\right\}^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$ ...(26-3)

فكما نُبّه اليه في البداية فإن التحليل آنف الذكر يجب أن لا يعتبر دليلا على درجة ضبط الارتفاعات المستخرجة من اختلاف النظر ، وسبب هذا هو أساسي. وهو أن التحليل النظري يختلف عن الواقع. أي أن معادلة اختلاف النظر الاساسية هي مستخرجة على افتراض أن الصور هي شاقولية تماما ولا تحوي اي ميل وأن ليس هنالك تغير في ارتفاع الطيران ،وهذه الحالة نادرا ماتحدث عمليا. ولهذا السبب فإن الارتفاعات غير المصححة المستخرجة من قياسات اختلاف النظر تدعى "الارتفاعات الخام".

## 3 – 7 – 7 تصحيحات الارتفاعات المستخرجة من اختلاف النظر

إن فحوى معضلة الارتفاعات المستخرجة من ظاهرة إختلاف النظر غير المصححة تتجلى بوضوح من المقولة التالية المأخوذة من المقالة [ الارتفاعات من قياسات

إختلاف النظر] للبروفيسور تومسون E.H.THOMPSON عن مجلة "الفوتوكرامتريك ريكورد/الجزء الاول - العدد 4 اكتوبر 1954": "إن الحاجة لتعديل الارتفاعات الخام قد ادخل عنوة إذا ما اخذ بنظر الاعتبار ان للصور المأخوذة بعدسات ذات زوايا عريضة من ارتفاع 18000 قدم (4900م) على امتداد بلد لا تزيد اختلافات الارتفاع فيه عن بضع مئات من الاقدام - بفرض ان الارض مستوية - نفس درجة الضبط فيما لو وثقت قراءات اختلاف النظر من دون تصحيح عن الميل" .




شكل 3-35: محاور إحداثيات آلة التصوير بوضح 6 درجات حرية.

شكل 3-36

إن التقليد المتبع للميول هو تسمية دوران كل آلة تصوير حول ثلاثة محاور X وY وZ متعامدة مع بعضها بـ ω و $\phi$ وK على التوالي ، وكما هو مبين في (الشكل 3-35). وقيمة الانتقال على طول كل محور هو (bx) و(by) و(bz) على التوالي.

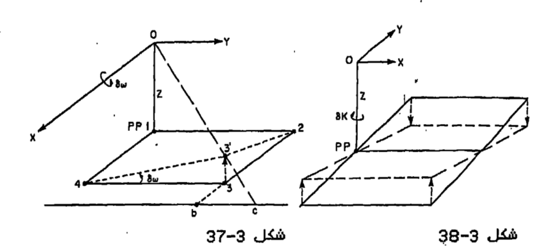
(1) الكبو (δϕ) TIP

يؤدي تأرجح الطائرة من الانف الى الذنب الى الدوران حول المحور y بزاوية (δϕ) كما هو مبين في (الشكل 3-36) . ونتيجة هذا الميل هو ان النقطتين الشبحيتين 3 و4 في 3′ و4′ على التوالي بخطأ في قياس اختلاف النظر مقداره (3b) و(4a) . وكما هو مبين فإن تشوها على شكل قطع مكافئ PARABOLIC سيحدث للنموذج

المجسم، ويمكن الاثبات بأن الخطأ في إرتفاعات الارض لاية نقطة سيساوي:
$=(X^2+Z^2)\delta\phi/B$

(2) الميل (δω) TILT

يؤدي ميل الطائرة من طرف جناح الى طرف الجناح الاخر الى الدوران حول المحور x بزاوية(δω)وكما هو مبين في(الشكل 3-37). ونتيجة هذا الميل هي إزاحة النقطتين 2 و3 قطريا من النقطة الرئيسية(PP1)، حيث تكون إزاحة النقطة2 بالاتجاه y ، وعليه فإن قياس اختلاف نظرها يكون غير متأثر. أما قياس اختلاف نظر النقطة3 فسيكون بخطأ مقداره(3b)الذي سيشوه الارتفاع بمقدار(XYδω/B)، وهذا المقدار هو تشويه قطع زائد تربيعي - RECTANGULAR HYPERBOLIC DEFORMATION للنموذج المجسم.




شكل 3-37

شكل 3-38

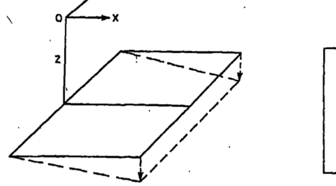
(3) الجرم (δK) SWING

يتم حذف خطأ الجرم بتثبيت خط قاعدة الصور باعتناء، والخطأ في تحقيق هذه العملية سيؤدي الى رفع وخفض كل من نصفي النموذج المجسم وكما مبين في (الشكل 3-38).

(4) تغيير ارتفاع الطيران (Φ)

يؤدي التغير في إرتفاع آلة التصوير للقطتين متجاورتين الى ميل القاعدة الجوية (Φ). وهذا يؤدي الى ميل النموذج المجسم حول المحور y وكما هو مبين في (الشكل 3-39).

إن التأثير المركب لكافة الاخطاء المذكورة اعلاه في كل من الصورتين اللتين تؤلفان الزوج التجسيمي هو تحويل النموذج المجسم الى شكل قطع مكافئ زائدي HYP-ERBOLIC PARABOLOID. ويمكن الاثبات مبدئيا بأنه إذا كانت الميول قليلة والتموجات الارضية بسيطة فإن الخطأ في الارتفاعات المستنبطة من إختلاف النظر يمكن أن




شكل 3-39

شكل 3-40

يُعبّر عنه بإحداثيات الصورة ($x,y$) للنقطة الشبحية للصورة اليسرى كـ :

$$\delta h = \frac{Z^2}{fB}\left[(K_1 - K_2)y - \phi_1(f + x^2/f) + \phi_2(f + (x-b)^2/f) + w_1\frac{xy}{f} - w_2(x-b)y/f\right] - \frac{\Phi xz}{f} \quad \ldots\langle 27\text{-}3\rangle$$

والذي يُعبّر عنه بصيغة ابسط كـ:

$$\delta h = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 \quad \ldots\langle 28\text{-}3\rangle$$

حيث أن الحدود الاربعة الاولى تمثل قطع زائد HYPERBOLA والحد الاخير يمثل قطع مكافئ PARABOLA.

وهكذا فإن طريقة تصحيح الارتفاعات الخام تتطلب خمس نقاط ضبط معلومة المناسيب ($h_i$) موزعة على امتداد منطقة التداخل وكما هو مبين في (الشكل 3-40).

تحتسب الارتفاعات المستخرجة من إختلاف النظر ($h'_i$) للنقاط الخمس بأخذ النقطة 1 مثلا كمرجع ثم ($h_i - h'_i = \delta h_i$). ويؤخذ مركز قاعدة الصورة ($P_1P_2$) كنقطة أصل لمنظومة الاحداثيات ($x,y$) ، وتقاس إحداثيات النقاط الخمس بأجمعها من الصورة اليسرى وتدخل في المعادلات الخمس ، أي :

$$h_1 - h'_1 = \delta h_1 = a_0 + a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_1y_1 + a_4x_1^2$$
$$h_2 - h'_2 = \delta h_2 = a_0 + a_1x_2 + a_2y_2 + a_3x_2y_2 + a_4x_2^2$$
$$\vdots$$
$$h_5 - h'_5 = \delta h_5 = a_0 + a_1x_5 + a_2y_5 + a_3x_5y_5 + a_4x_5^2$$

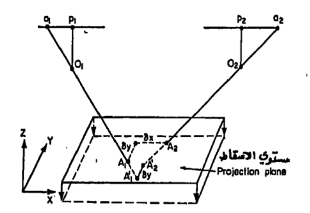
من ثم يتم حل المعادلات لايجاد المعاملات $a_0$ و $a_1$ و .... و $a_4$. بعد هذا يمكن تصحيح الارتفاع الخام ($\delta h$) لأية نقطة في منطقة التداخل ($h'$) باستخدام المعاملات اعلاه وإحداثيات الصورة في (المعادلة 3-28).

ويمكن إنجاز العملية بكاملها بسرعة وبسهوله باستخدام برنامج كومبيوتر مناسب .

## 8-3 منظومات التعديل RESTITUTION SYSTEMS

إن التعديل هو المعضلة الاساسية في اعمال المسح التصويري ويتضمن إخراج الصور ( او صفائح الصور الزجاجية) بنفس المواقع التي كانت فيها وقت الطيران . ومن ثم ربط النموذج المجسم المعدل الناتج بالضبط الارضي .

لقد تم البحث في طرق تعديل تقريبية. أما ما تبقى من الطرق فإما أن تكون طرق مناظرة ANALOGNE METHODS باستخدام راسمات عالمية او راسمات دقيقة او ان تكون طرقا تحليلية باستخدام احداثيات صور دقيقة مقاسة بجهاز معايرة COMPARATOR .




شكل 3-41

يمكن شرح المسألة كما يلي : يبين (الشكل 3-41) صورتين في مستوي افقي تسقطان شعاعين لنقطة واحدة A على مستوي موازي . وبسبب عدم توجيه منظومة الاسقاط بشكل صحيح فإن $a_1$ و $a_2$ ستسقطان في $A_1$ و $A_2$ بدلا من إلتقائهما في A . ويمكن أن يعبّر عن فرق $A_1$ و $A_2$ عن A بشكل إحداثيات مثل (δx) و (δy) اللتان تسميان إختلافا نظر x و y على التوالي .

تنحذف قيمة (δx) بخفض مستوي الاسقاط باتجاه Z بمقدار (bz) حتى يلتقي شعاعا النقطتين في $A'_1$ و $A'_2$ اللتين تفصلهما المسافة (δy) فقط .

ينحذف اختلاف نظر y بتحريك المسلاطين PROJECTORS باتجاهات الحرية الخمس ، أي (bz) و (by) و φ و ω و K كما هو موضح في (الشكل 3-35)، وتدعى هذه العملية "التوجيه النسبي RELATIVE ORIENTATION"، وهي تتم على ست نقاط معيارية موزعة على امتداد النموذج المجسم. وعندما تكتمل هذه العملية فإنها تحدد موقعي المسلاطين في موقعهما

النسبيين الصحيحين، والفشل في تحقيق توجيه نسبي صحيح يعطي نموذجا مشوها ويكون له تأثير خاص على درجة ضبط قياسات الارتفاع.

يجب أن يتم الان تثبيت مقياس النموذج اعلاه بشكل صحيح ويوجه بموجب منظومات الاحداثيات الارضية. هذه العملية تسمى "التوجيه المطلق ABSOLUTE ORIENTATION" والتي يمكن أن تتم باستخدام الضبط الارضي فقط.

الخطوة الاولى هي تثبيت مقياس النموذج المبني في ابسط اشكاله على المسافات المعلومة بين نقطتي ضبط ارضي. ويتم ذلك بتغيير المسافة بين المسلاطين باتجاه المحور x ، اي المسافة(bx). والخطوة الثانية هي تثبيت منسوب النموذج الفراغي SPATIAL MODEL بتدويره حول محوريه الـX والـY ، اي ∅ و ω حتى يتطابق مع معطيات الارتفاع لثلاث نقاط ضبط ارضي في الاقل.

وعندما تتم هذه العملية ، يمكن الشروع برسم التفاصيل وتثبيت ارتفاعات المواقع ورسم الخطوط الكنتورية. وبطريقة اخرى ، يمكن قياس الاحداثيات المجسمة ثلاثية الابعاد للنقاط لاستخراج النموذج الرقمي الارضي (DIGITAL GROUND MODEL (DGM.

مما يجب ملاحظته هنا هو أن درجة ضبط منظومة التعديل وبالتالي درجة ضبط الخارطة النهائي تعتمد على درجة ضبط ACCURACY الضبط الارضي وصحة تشخيصه.

يمكن أن يتم تعديل الشعاعات الضوئية المؤلفة للنموذج من خلال الاسقاط البصري او باستخدام قضبان فراغية SPACE RODS تؤلف نظيرا ميكانيكيا للشعاعات الضوئية.

يمكن ان يتم القياس بدرجة ضبط مقدارها 10 مايكرومترات لعملية تصوير بأبعاد (230MM x 230MM) بينما يكون التكبير من الصورة الى النموذج المجسم بدلالة النسبة(Z/f) . ولتوضيح هذا؛ خذ بعض التفاصيل الفنية لراسم من نوع (ويلد WILD A8) :

البعد الرئيس (f): 98ملم الى 215ملم
ابعاد النقطة العائمة هي: 0.07ملم لقوة تكبير (x 6)، و0.045ملم لقوة تكبير(x 8.5) ، وZg تساوي 300ملم.

وهكذا فلتصوير بمقياس (1/10 000) وباستخدام(f=152MM) يكون لدينا :

| | |
|---|---|
| مقياس الرسم للنموذج((1/10 000)x Z/f): | ≃1/5000 |
| التكبير من النموذج الى الخارطة (x 4): | =1/1250 |
| درجة ضبط القياس على الصورة: | =10 µM |
| درجة ضبط النقطة على الخارطة: | =0.1 MM |

ترتبط الملاحظات اعلاه كليا بإنتاج الخارطة والنموذج الرقمي الارضي (DGM) بطرق التناظر، وهي اكثر إقتصادية لكذا اغراض، مع هذا ، فالمسح التصويري التحليلي ايضا جدير بالذكر. وبهذه الطريقة تقاس احداثيات الصورة بدقة بدرجة ضبط مقدارها 1 او 2 مايكرومتر باستخدام "اجهزة معايرة COMPARATORS او اجهزة معايرة تجسيمية STEREO COMPARATORS". يتم التوجيه النسبي والمطلق لاحداثيات الصورة رياضيا وبواسطة الكومبيوتر. وتكون الاحداثيات الناتجة اكثر ضبطا من تلك التي تنتج بطريقة التناظر وتفيد بشكل خاص في اعمال التثليث (بقياس الزوايا) الجوي.

## 3 - 9 الموزائيك وخرائط الصور المتعامدة

## MOSAICS AND ORTHOPHOTOMAPS

ولو أن المنتوج الاساس النهائي للمسح التصويري - فيما يخص المهندس - هو الخارطة او النموذج الرقمي الارضي (DGM) ، لكن هنالك ايضا انواع اخرى من الخرائط وهي على شكل موزائيك او خرائط لصور متعامدة.

(1) الموزائيك غير المسيطر عليها
تتكون الموزائيك غير المسيطر عليها نتيجة مطابقة الصور - إعتياديا بمقياس التلامس اي بمقياس الرقيقة السالبة - للحصول على افضل توافق ممكن . ولا تؤخذ الازاحات الناتجة عن الميل بنظر الاعتبار ولا تلك الناتجة عن تموجات الارض ، كما أن التركيبة لا تتبع اي شكل من اشكال الضبط الارضي.

(2) الموزائيك المسيطر عليها
في هذه الحالة يتم تصحيح الصور عن الميل اولا في الة تعديل بصرية وتجعل كلها بمقياس واحد. بعد ذلك يتم تركيب الصور باعتناء وتربط بالضبط الارضي. وهنا تنتج صورة اكثر تماسكا ، ولكن تأثيرات الازاحة الناتجة عن تموج الارض لا تزال موجودة.

(3) الصور المتعامدة ORTHOPHOTOGRAPHS
هي تلك الصور التي قد تم تصحيحها ميكانيكيا عن إزاحات الميل وتموج الارض باستخدام مسلاط او منظار متعامد مع الصورة ومتصل براسم تجسيمي مباشرة. وبهذه الطريقة يتم تعريض وتصوير النموذج المجسم الموجه بشكل صحيح على رقائق موجبة SLIDES بحجم (4MM x 2MM) في الموقع الحقيقي على الخارطة وبالمقياس الصحيح. والمنتوج النهائي هو صورة كنتورية بمقياس صحيح تحوي اخطاء صغيرة جدا بالموقع وبالارتفاع. فبالرغم من أن الصورة الكنتورية ليست هي بدرجة ضبط المرتسم التخطيطي لكنها يمكن أن تنتج اسرع بكثير ، كما انها تحوي كافة التفاصيل الارضية والتي لاتظهر عادة على المرتسم التخطيطي. وهذه النقطة الاخيرة هي السبب في تفضيل الموزائيك او الصور المتعامدة على المرتسمات في بعض الحالات.

ففي حالات السيطرة على الفيضان او في الاستقصاءات الجيولوجية او في اعمال الري مثلا تكون مشاهدة المناطق المطلوبة مفيدة جدا .

## 3 - 10 مواصفات التصوير الجوي الشاقولي

## SPECIFICATION FOR VERTICAL AIR PHOTOGRAPHY

ولو أن المهندسين لا ينشغلون عادة بعملية المسح التصويري ، لكنهم بالتأكيد سينشغلون بالمنتوج النهائي.والى هذا الحد سيطلب منهم إعداد عقود مناسبة للعمل المطلوب ، وهكذا سيحتاجون الى تثبيت المواصفات اللازمة لذلك.

فقد تم تحضير المواصفات التالية من قبل جمعية المسح الجوي البريطانية-BRITISH AIR SURVEY ASSOCIATION ، وقد قامت الجمعية الملكية للمساحين المجازين ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS) باختبار هذه المواصفات وإتباعها ، وهي مدرجة نصا ادناه:

**********************************************

مواصفات التصوير الجوي

المادة الاولى / خلاصة المتطلبات والمواد اللازم تجهيزها .

1-1 الموقع

1-1-1 يكون الموقع (او المسلك) المطلوب تصويره تجسيميا بمساحة ـــــ كيلومتر مربع (او كم طول) تقريبا ، وهو يعرف كما يلي:

إما : على الخارطة التعاقدية او كصورة فسيفسائية مرفقة كملحق رقم ـــــ بوثيقة المواصفات.
او : بواسطة الاحداثيات الجغرافية او التشبيكية او غيرها من إحداثيات الاسناد وكما مثبت ادناه و/او المؤشرة في الرسم بالملحق رقم ـــــ

________________________________________

________________________________________

الخام بـ ـــــــــــــــــــــــــــ إسناد/إسقاط.

2-1 مقياس التصوير والبعد البؤري للعدسة ( أنظر المادة الثالثة من المواصفات)

1-2-1

إما : يجب أن يكون المقياس العام للتصوير 1 الى ـــــ
او : يجب أن يكون ارتفاع طيران التصوير من ارتفاع محتسب او من ارتفاع كل مجموعة شرائط كما يلي:

ـــــــ فوق (MSL) متوسط مستوى سطح البحر .

ـــــــ فوق (MSL).

ـــــــ فوق (MSL).

1-2-2 يجب أن يكون لآلة التصوير عدسة ذات بعد بؤري إسمي مقداره ـــ ملم وأن تكون الابعاد الاسمية للرقيقة السالبة (230MM x 230MM) او (ـــ MM x ـــ MM).

1-3 عملية التصوير (أنظر المادة الرابعة)

1-3-1 يجب أن تكون الرقيقة الحساسة المستخدمة:
إما : اسود وابيض جوي/بانوكروماتك(للالوان المتعددة)
او : اسود وابيض جوي/اشعة تحت الحمراء.

1-3-2 يجب أن يكون للتصوير نوعية اشباح وابعاد هندسية بحيث تسمح لاعداد خرائط المسح التصويري او لاعداد الموزائيك او للاغراض العامة .

1-4 الرقائق السالبة FILM NEGATIVES

1-4-1 إما : يجب أن تحفظ كافة الرقائق السالبة المعرضة للضوء في المقاولة لدى المنتج لمدة لا تقل عن ـــ سنة ، بعد ذلك يتم ـــــــــــــــــــ

ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

او : يجب تسليم كافة الرقائق السالبة المعرضة للضوء في المقاولة الى رب العمل او الى الجهة المستفيدة.

1-4-2 يجب حفظ كل رقيقة سالبة ملفوفة على بكرة داخل علبة معدنية او بلاستيكية مثلما كانت مجهزة من قبل المصنع. أما الرقائق السالبة المرفوضة فيجب عدم إخراجها من البكرة.

1-5 المواد الاخرى اللازم تجهيزها (أنظر المادة الخامسة)
إحذف الفقرات غير المطلوبة

1-5-1 يجب تجهيز دليل المرتسم و/او دليل الصور على شكل : ـــ طاقم من الرقائق الموجبة.
ـــ طاقم من الرقائق السالبة.
ـــ طاقم من الصور المطبوعة على الورق.

1-5-2 ـــ طاقم من صور التلامس المطبوعة على الورق

1-5-3 ـــ نسخة واحدة من كافة تقارير الرقيقة الحساسة (أنظر البند 6-4).

1-5-4 منتوجات إخرى
ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ
ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ
ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

المادة الثانية - آلات التصوير وملحقاتها

إن هذه المادة تخص آلات التصوير المترية METRIC CAMERAS ذات حجم (230MM x 230MM) فقط، ويجب إعطاء مواصفات آلات التصوير المستخدمة الاخرى بشكل مستقل.

2-1 آلـة التصوير CAMERA

2-1-1 يجب استخدام آلة تصوير مساحة مترية مجهزة بعدسة مصممة لتعطي تشويها قطريا متراكما RESIDUAL RADIAL DISTORTION لا يزيد على 15 مايكروميتر ضمن مسافة 100ملم من النقطة الرئيسية(PP). ويجب مسك الرقيقة الحساسة بالمستوي المطلوب للشبح خلال فترة تعريض الرقيقة الحساسة للضوء لاجل الحفاظ على تبئير دقيق ولجعل تشويه الاشباح ضمن الحدود المذكورة في (البند 4-5).

2-1-2 يجب أن تكون ابعاد الرقيقة السالبة والبعد البؤري للعدسة/او مجموعة العدسات كما هو مبين في (البند 1-2-2).

2-1-3 يجب تصحيح العدسة عن المدى الطيفي SPECTRAL RANGE للرقيقة الحساسة المستخدمة.

2-2 التعيير CALIBRATION

2-2-1 يجب أن تكون اية وحدة لعدسات آلة التصوير المستخدمة في المقاولة قدعيرت وفحصت ودققت بشهادة من قبل مصنع آلة التصوير او من قبل مركز تعيير معترف به دوليا او معترف به من قبل مصنع آلة التصوير. حيث يجب أن تشير الشهادة الى أن آلة التصوير قد عيرت خلال فترة الاثني عشر شهرا التي تسبق عملية التصوير.

2-2-2 يجب أن يكون لدى المنتج شهادة تعيير نافذة وأن يعطي نسخة منها الى رب العمل او الى من يقوم باستخدامها عند الطلب.

2-2-3 يجب أن تحوي شهادة التعيير المعلومات التالية:-
-اسم وعنوان مركز التعيير.
-تاريخ التعيير.
-رقم وحدة العدسات الخاص بمصنع آلة التصوير.
-البعد البؤري المعير(البعد الرئيس) لوحدة العدسات
-التشويه القطري بالمايكرومترات على فترات لا تتجاوز 10ملم على طول كل من انصاف الاقطار الاربعة نسبة الى محور افضل تماثل AXIS OF BEST SYMMETRY.
-المسافات بين علامات الاسناد FUDICIAL MARKS - الجوانب والاقطار او إحداثياتها بمنظومة إسناد متعامدة.
-موقع النقطة الرئيسية للتسديد التلقائي AUTO COLL-IMATION او لافضل تماثل نسبة الى مركز الاسناد FIDUCIAL CENTRE.
-ارقام التحليل RESOLUTION FIGURES القطرية والمماسية لوحدة العدسات الصادرة عن المصنع وقت الصنع او بعد إعادة التنظيمات البصرية لوحدة العدسة.
-الاحداثيات التشبيكية المقاسة (إن وجدت) بمنظومة إسناد متعامدة.

2-2-4 يجب أن يقع التشويه المقاس ضمن الحدود المثبتة من قبل المصنع لنوع العدسة.

2-2-5 يجب إعادة تعيير آلة التصوير في حالة الشك بحدوث أي ضرر لآلة التصوير- خلال مدة المقاولة - والذي يمكن أن يؤثر على التعيير.

2-2-6 في حالة اكتشاف تغيرات كبيرة في التعيير بعد أقل من ستة أشهر من انتهاء العقد ، يجب على المنتج إخبار رب العمل أو من قام باستخدامها.

2-3 حضن آلة التصوير
يجب تثبيت آلة التصوير في حضن يخفف من تأثيرات ذبذبة الطائرة.

2-4 المرشحات الضوئية FILTERS
2-4-1
إما :يجب استخدام مرشحات بصرية تجهز من قبل مصنع العدسة فقط أو استخدام مرشحات بنفس مواصفاتها البصرية.
أو :يجب استخدام مرشحات ضوئية وحسب المواصفات التالية:________________________

2-4-2 يجب تعويض الفقدان الضوئي في آلات التصوير التي تزيد فيها زوايا النظر على 60 درجة بمرشحة ضوئية مدرجة GRADED FILTER.

2-5 شبابيك آلة التصوير CAMERA WINDOWS

2-5-1 يجب تدقيق أي شباك مستخدم لآلة التصوير من قبل مركز التعيير لضمان عدم تأثيره على الامكانية التحليلية للعدسة وعلى التشويه ، وأن يكون خاليا تماما من العروق والتشطيبات وأية مواد غريبة أخرى.

2-5-2 يجب تركيب شباك آلة التصوير في مادة تمنع الجهد الميكانيكي في الشباك.

المادة الثالثة/الطيران والتغطية التصويرية

3-1 التغطية التصويرية

3-1-1 يجب تغطية الموقع بمسارات مستقيمة تقريبا (شرائط) من صور شبه شاقولية من الارتفاع التقريبي المطلوب في (البند 1-2-1).

3-1-2 يجب أن يكون اتجاه خط الطيران:
إما : أن يتم اختياره من قبل المقاول وتعطى نسخة من مخطط الطيران الى رب العمل عند الطلب.
أو : بموجب مخطط الطيران المرفق كملحق رقم ــــ بوثيقة المواصفات.

3-1-3 يجب ان يكون التداخل الامامي بين اللقطات التصويرية المتتالية في كل مسار بين(55%) و(65%) عدا ما هو محدد بغير ذلك.

4-1-3 يجب ان يكون التداخل العرضي (اي الجانبي) بين الشرائط المتجاورة عموما :
- بين (20%) و(40%) لارتفاعات الطيران التي تقل عن 1500م فوق متوسط مستوى سطح الارض.
- بين (15%) و(35%) لارتفاعات الطيران التي تساوي 1500م او اكثر فوق متوسط مستوى سطح الارض.

وعندما تتغير ارتفاعات سطح الارض التي هي ضمن منطقة التداخل اكثر من 10 بالمائة من ارتفاع الطيران يجب ان يسمح بتغيير معقول لمقدار التداخل المذكور شرط ان لا يكون التداخل الامامي اقل من 55 بالمائة وان لا يقل التداخل العرضي عن (10%) او يزيد على (45%).

اما بالنسبة للتموجات الكبيرة للمواقع عندما لا يمكن المحافظة على التداخل الجانبي المحددة مواصفاته اعلاه بخطوط طيران مستقيمة ومتوازية ، يجب إملاء "الفراغات GAPS" الناجمة عن التموج المفرط بمسارات قصيرة يجري الطيران فوقها بين المسارات الرئيسية وبموازاتها.

5-1-3 عندما يعبر المسار ساحلا ، يجب زيادة التداخل الامامي بمعدل (90%) وحسب المحددات المفروضة من قبل دورة آلة التصويرCYCLE TIME. ويجب ان تتضمن الزيادة بالتداخل ثلاثة مراكز صور في الاقل على الارض.

6-1-3 يمكن تغيير مواقع المسارات التي تكون على امتداد خطوط السواحل لتقليل نسبة المياه المغطاة شرط ان تمتد التغطية بعد حدود اية تفاصيل ارضية بما لايقل عن (10%) من عرض المسار ، بالرغم من الزيادة في التداخل العرضي.

7-1-3 عندما تتصل نهايات مسارات التصوير بنهايات المسارات الاخرى التي تم الطيران فوقها بنفس الاتجاه العام ، سيكون هنالك تداخلا مساويا لنموذجين تجسيميين في الاقل واللذان يجب ان يكونا بمقياس الصورة الاصغر إذا اختلفت مقاييس التصوير.

8-1-3 يجب ان لا يزيد انحراف الطيران على 5 درجات عندما يقاس بين خط القاعدة وخط موازي لاطار الرقيقة السالبة ، كما يجب ان لا يخلق فراغات تجسيمية-STEREOS COPIC GAPS في عملية التصوير.

9-1-3 يجب ان لا يزيد الميل TILT اعتياديا على درجتين. ويمكن السماح بميل الى حد 4 درجات في الصور المستقلة.

3-1-10 عند رفض بعض لقطات من مسار طويل بسبب الغيوم او النوعية او التداخل غير المناسب ، يمكن استبدالها بمسارات قصيرة ، شرط أن يعطى لها تداخلا مساويا لنموذجين تجسيميين في الاقل عند كل من نهايتيها .

3-2 ظروف الطيران
3-2-1 يمكن التقاط الصور من اي ارتفاع شمسي-SOLAR AL-TITUDE مناسب فوق 15 درجة ، عدا ما هو محدد بغير ذلك في ادناه:
اقل ارتفاع شمسي ـــــ درجة.
اعلى ارتفاع شمسي ـــــ درجة.

3-2-2 يجب ان يتم الطيران فقط في الظروف التي لا تؤدي عدم وضوح الرؤية فيه الى تلف كبير لدرجة اللون النهائية في الرقيقة السالبة. كما يجب عدم فقدان التفاصيل ذات العلاقة نتيجةالضباب او الاتربة في الجو.

3-2-3
إما : يجب ان تكون الصور خالية الى حد كبير من الغيوم والظلال القوية(الداكنة) او الدخان. ويجب أن لا تكون المناطق المتفرقة من الغيوم او الظلال القوية او الدخان سببا في رفض التصوير ، مالم تكن غير صالحة للاستخدام لاسباب أخرى.
او : يجب ان يكون التصوير خاليا من الغيوم او الظلال القوية او الدخان نهائيا .
او : ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

3-2-4 تكون الظروف الخاصة بالتصوير مما له علاقة بالتوقيت او بموسم التصوير كما مثبت ادناه:
ـــــــــــــــــــــــــــ ـــــــــــــــــــــــــــ
ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ

المادة الرابعة/الرقيقة الحساسة الجوية ونوعية الشبح في الرقيقة السالبة.

4-1 الرقيقة الحساسة الجوية
4-1-1 يجب ان تحدد مواصفات نوعية الرقيقة الحساسة الجوية المنوي استخدامها في ( البند 1-3-1 ).

4-1-2 يجب طلاء المحلول على رقيقة حساسة ذات قاعدة مستقرة.

4-1-3 يجب ان تكون ظروف خزن الرقائق الحساسة المستخدمة بحيث عندما تظهر الرقيقة الحساسة المعرضة للضوء :
- تكون خالية من البقع او تغير اللون وان لا تكون بالية مما يعزى الى قدم الرقيقة الحساسة او الى الخزن غير الملائم .
- ولا تزيد كثافة الغيوم(المحلول فقط)عن 0.2 باستخدام نفس المظهر والفترة الزمنية ودرجة الحرارة كما

سيستخدم في المقاولة، باستثناء حالة الرقيقة الحساسة التي تزيد سرعة حساسيتها على 250 وحدة من وحدات سرعة رقيقة حساسة جوية فعالة (EFFECTIVE AERIAL (250 EAFS FILM SPEED والتي يجب أن لاتزيد الكثافة عندها على 0.4

2-4 فترة تعريض الرقيقة الحساسة للضوء EXPOSURE
4-2-1 يجب اختيار سرعة غلق الحاجب SHUTTER بحيث أنها تفي بمتطلبات اقل حركة للشبح لفتحة عدسة مناسبة ولظروف الاضاءة السائدة في وقت التصوير.

4-2-2 يجب أن لا تزيد حركة الشبح الامامية المحتسبة بشكل عام على 30 مايكرومتر. وتكون الحركة الى حد 60 مايكروميتر مقبولة في حالات الاجسام ذات الاضاءة الخافتة جدا و/او التصوير بمقياس (1/5000) واكبر. وتكون الحركة الى حد 90 مايكرومتر مقبولة في حالات الاجسام ذات إضاءة في منتهى الخفوت و/او التصوير بمقياس (1/2 000) واكبر.

3-4 مرشحة الضوء FILTER
4-3-1 يجب على المقاول اختيار المرشحات الضوئية بحيث تعطي درجات لونية مناسبة ، فيما عدا الحالة التي تكون فيها المرشحات الضوئية المستخدمة بالمواصفات التالية: ________________

---

4-4 التظهير والتجفيف
4-4-1 يجب أن تكون عملية تظهير وتجفيف الفلم قادرة على إعطاء نوعية متجانسة للرقائق السالبة NEGATIVES والمثبتة مواصفاتها تحت (البند 4-5 و 4-6) ادناه من دون أن يؤدي ذلك الى تشويه الرقيقة الحساسة.

4-4-2 يجب أن تتم عملية تظهير وتجفيف الرقيقةالحساسة من دون أن تؤثر على ثبات ابعادها . ففي اية رقيقة سالبة يجب أن لا يزيد الفرق بالاطوال بين اي زوج من علامات الاسناد على 0.03 بالمائة ، كما يجب أن لا يزيد التغير بالمقياس العام على 0.08 بالمائة.

4-4-3 يجب أن لا تزيد كمية محتويات مادة الثيوسلفايت المتبقية على الرقيقة الحساسة المظهرة على 20 ملغرام لكل متر مربع.

4-4-4 يجب أن تكون كافة الرقائق السالبة خالية الى حد كبير من البثور او الفقاعات او خطوط الطلاء او علامات الجهد او السكون STATIC MARKS او علامات القضيب BAR MRAKS او ثقوب الدبابيس او الخدش او العروق او البقع او العلامات الكيماوية او العلامات الناجمة عن التجفيف على كلا وجه المحلول EMULSION SIDE والوجه القاعدي BASE SIDE والتي تظهر إما بالضوء المنتشر او البراق، ويجب إعطاء شيء من السماح عندما تدعو الضرورة للقيام بعمليةالتظهير في ظروف دون المعيارية

SUB-STANDARD شرط عدم الاخلال بما هو مطلوب من الرقائق السالبة .

4-5 النوعية المترية METRIC QUALITY للرقائق السالبة
يجب أن لاتحوي الرقائق السالبة او صور التلامس من الصفائح الزجاجية CONTACT DIAPOSITIVES المستخرجة منها إختلافا بالنظر باتجاه المحور Y بعد التوجيه النسبي اكثر من 20 مايكرومتر في اي مكان من النموذج.

4-6 نوعية شبح IMAGE QUALITY الرقائق السالبة
4-6-1 يجب أن تكون الكثافة والتمايز CONTRAST في كافة الرقائق السالبة بحيث يمكن استخدام انواع الاوراق المتوفرة تجاريا والتي تشمل مديات لوغارثمية لفترة التعريض للضوء من 0.6 الى 1.6 لانتاج صور مفيدة في كل من المناطق الداكنة والساطعة من الصورة، ويسمح باتباع الحيل التصويرية المناسبة.

4-6-2 يجب أن لاتزيد كثافة الغيم (المحلول فقط) للرقائق السالبة عادة على 0.2 مقاسة في منطقة بعيدة عن اي تعرض للضوء ، عدا حالة الرقائق الحساسة التي تزيد سرعة حساسيتها على (250EAFS) حيث يجب أن لاتزيد كثافة الغيم فيها على 0.4 .

4-6-3 يجب أن لا يكون لأقل تفاصيل ظل مفيدة عادة كثافة اقل من 0.2 فوق القاعدة - زائدا - الغيم ، فيما عدا اركان الصور المأخوذة بعدسة ذات زاوية عريضة جدا حيث يجب أن تكون اقل كثافة مقبولة 0.1 فوق القاعدة - زائدا - الغيم.

4-6-4 يجب أن لاتزيد اعلى كثافة في مناطق مفيدة من الرقائق السالبة على 1.5 فوق القاعدة- زائدا- الغيم، فيما عدا أماكن صغيرة بميزات إنعكاس عالية حيث أن اعلى كثافة مقبولة تكون 2.0 ، وفي الحالات الاستثنائية فقط والتي تحدث فيها بقع بكثافة عالية جدا بسبب إنعكاس الطيف الشمسي من اجسام شديدة الانعكاس ، عند ذلك يمكن قبولها .

4-6-5 يجب أن تكون كافة علامات الاسناد حادة وظاهرة بوضوح في كل رقيقة سالبة.

4-6-6 يجب أن تكون لوحة الاجهزة لآلة التصوير المدونة على الرقيقة الحساسة مقروءة بوضوح على كافة الرقائق السالبة، ويجب أن لايؤدي الفشل في إضاءة الجهاز خلال العرض الى رفض التصوير ، فيما عدا ما هو مذكور ادناه:

---

المادة الخامسة/منتوجات التصوير
5-1 مخططات الفهرس INDEX PLOTS و/او فهارس الصورة PHOTO INDICES

يجب تجهيز مخطط الفهرس و/او فهرس الصور بموجب ما هو مثبت في <البند 1-4-1> لبيان المواقع النسبية لكافة عمليات التصوير المقبولة. ويجب ان تتضمن مخططات الفهرس و/او فهارس الصور المعلومات التالية:

- المراجع للخارطة الاساسية
- تسمية الموقع
- فترة التصوير
- مقياس الفهرس
- مقياس التصوير
- تأشير الشمال
- نوع آلة التصوير والبعد البؤري لوحدة العدسة
- اسم المقاول
- الاحداثيات الجغرافية او التشبيكية التقريبية
- ارقام الرقائق الحساسة وارقام المسارات (الشريط) على حافتي كل مخطط وحيثما يحدث تغييرا ضمن المخطط.
- ارقام الصور

5-1-1 يجب ان تشير مخططات الفهرس - عند الطلب - الى موقع وعدد اللقطات الكافية لتسهيل تحديد مواقع اللقطات التي تتخللها بشكل تقريبي.
5-1-2 يجب تحضير فهارس الصور عند الطلب - باستخدام اول صورة وآخر صورة والصور المتناوبة. ويجب تهذيب الصور حتى حافة الاشباح ، ويجب ان يكون رقم الصورة مرئيا على اول صورة وآخر صورة وعلى كل خامس صورة مستخدمة.

5-2 الصور المطبوعة على الورق PAPER PRINTS
يجب طبع صور التلامس CONTACT PRINTS على آلة طبع اوتوماتيكية وعلى ورق مشمع بوزن متوسط او على ورق ليفيFIBRE-BASED بوزن مضاعف والذي يمكن الكتابة عليه بقلم الحبر او الرصاص على كلا جانبيه مالم يكن مثبتا خلاف ذلك ادناه:

يمكن ان تطبع طواقم الصور المنتجة خارج مختبر المقاول على آلة طبع يدوية.

5-3 صفائح الصور الزجاجية DIAPOSITIVES.
يجب إنتاج صفائح الصور الزجاجية - عند الطلب - على رقيقة حساسة ذات قاعدة مستقرة باستخدام آلة طبع تلقائية ، مالم يكن مذكورا خلاف ذلك ادناه:

5-4 نسخ الرقائق السالبة DUPLICATE NEGATVES
5-4-1 يجب تجهيز الرقائق السالبة بنسخ متعددة عند الطلب:
إما: منتجة من رقيقة وسطية موجبة لاعطاء شبح تقليدي خاطئ التفسير عندما تشاهد بطبقة المحلول الى الاعلى.
او: منتجة مباشرة على رقيقة حساسة قابلة للاستنساخ لاعطاء شبح صحيح التفسير عندما تشاهد بطبقة المحلول الى الاعلى.

5-4-2 يجب أن تنتج نسخ الرقائق السالبة عن رقيقة حساسة ذات قاعدةمستقرة بدرجة لون(أي بتوزيع للكثافة) قريبة من الرقائق السالبة الاصلية قدر الامكان.

5-4-3 يجب إنتاج الرقائق السالبة باستخدام آلة طبع تلقائية مالم يحدد خلاف ذلك في أدناه:

---

المادة السادسة/التوثيق والتأشير

6-1 تأشير الرقائق الحساسة
يجب إعطاء المعلومات التالية كتوجيهات في بداية ونهاية كل رقيقة حساسة:
- "البداية" او "النهاية" (وحسبما هو ملائم).
- رقم المشروع و/او اسم الموقع.
- عند تسجيل أجزاء لاكثر من مشروع او موقع واحد على الرقيقة الحساسة يجب ذكر كافة المواقع.
- رقم الرقيقة الحساسة.
- سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم(او ايام) مدة التصوير.
- المقياس (او المقاييس) العام لعملية التصوير.
- نوع آلة التصوير.
- البعد الرئيس او البعد البؤري المعير لوحدة العدسة

6-2 ترقيم الرقائق السالبة (ترقيم الصور) وتأشير الصور المطبوعة
يجب ترقيم الرقائق السالبة باستخدام كاوية حرارية او حبر ثابت او اية طريقة اخرى، ويجب طباعة الارقام بشكل انيق بحيث يمكن قراءتها بوضوح ، كما يجب ان يكون ارتفاع الحرف بحدود 3 ملليمتر.

يجب ان تجهز كل رقيقة سالبة بالمعلومات التالية باستخدام كاوية حرارية او حبر ثابت او شرائح عنوان او طرق أخرى والتي يجب أن تظهر على كافة الصور المطبوعة بالتلامس :
- هوية المنتج.
- رقم المشروع و/او اسم الموقع.
- رقم الرقيقة الحساسة ورقم الصورة.
- سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم (او ايام) مدة التصوير.
- الارتفاع فوق متوسط مستوى سطح البحر او الارتفاع فوق مستوى الارض.

- البعد الرئيس PRINICIPAL DISTANCE او البعد البؤري المعير لوحدة العدسة.

6-3 تأشير علبة الرقيقة الحساسة(العلامة LABEL)
يجب أن يشير السطح الخارجي لعلبة كل رقيقة حساسة بوضوح الى:
- رقم المشروع و/او اسم الموقع.

- وعند تسجيل اجزاء لاكثر من مشروع واحد او موقع واحد على الرقيقة الحساسة يجب ذكر كافة المواقع.
- سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم (او ايام) مدة التصوير.
- ارقام المسارات RUNS وارقام الصور.
- المقياس (او المقاييس) العام للتصوير .
- نوع آلة التصوير.
- البعد البؤري لوحدة العدسة.

4-6 تقرير الرقيقة الحساسة FILM REPORT
يجب إرفاق كل علبة رقيقة حساسة بتقرير عن كل رقيقة حساسة مثبتا فيه المعلومات التالية:
- هوية المقاول.
- رقم الرقيقة الحساسة.
- نوع ورقم آلة التصوير ونوع ورقم العدسة وبعدها البؤري.
- نوع ورقم مرشحة الضوء.
- رقم (او ارقام) الطاقم (او الطواقم) او رقم (او ارقام) وحدة (او وحدات) الكاسيت وحامل الكاسيت.
- نوع الرقيقة الحساسة ورقم المصنع للمحلول.
- فتحة العدسة وسرعة الحاجب SHUTTER SPEED (اي فترة التعرض للضوء).
- رقم المسار واتجاه الطيران.
- سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم (او ايام) مدة التصوير.
- نوع الطائرة وهويتها.
- اسم مرشد الطائرة(او المرشدين)واسم الملاح والمصور.
- وقت الابتداء والانتهاء لكل شريط بالتوقيت المحلي.
- ارقام الصور المتوفرة لكامل عملية التصوير.
- الارتفاع المحتسب فوق (MSL) (الارتفاع الحقيقي).
- المقياس العام للتصوير.
- الظروف الجوية: نوع الغيم ودرجة الضباب.
- درجة الاضطراب TURBULANCE الجوي.
- تاريخ التظهير.
- طريقة التظهير.
- المظهر المستخدم والتخفيف.
- زمن ودرجة حرارة عملية التظهير او سرعة نقل الرقيقة الحساسة.
- طول الرقيقة الحساسة المظهرة.
- ملاحظات عامة عن النوعية.

5-6 وثائق أخرى وكما هو هو مثبت ادناه:

***********************************************

### 3 – 11 تطبيقات المسح التصويري في الاعمال الهندسية

إضافة الى الاستخدامات المتعددة للمسح التصويري في اعمال الهندسة المدنية فإنه يستخدم بشكل واسع في علوم الغابات وفي تخطيط المدن والهندسة المعمارية

وحتى في الطب وطب الاسنان، وسوف يتم البحث هنا في تطبيقات الهندسة المدنية الشائعة فقط.

(1) إختيار افضل المسارات لطرق المواصلات السريعة

في المملكة المتحدة المغطاة بالخرائط بشكل جيد ، يمكن تصغير المساحة المطلوبة لخط طريق جديد الى حزمة صغيرة نسبيا . فتفسير التصوير الجوي يفيد كأداة فعالة جدا في هذا القرار المبكر. حيث ان فحص ازواج الصور التجسيمية يمكن أن يعطي مقدارا كبيرا من المعلومات الى العين المدربة كجيولوجيا الموقع وانواع التربة الرئيسية وانقطاع استمرارية طبقات او عرق الارض ومناطق انزلاق التربة والمناطق التي تؤدي الى المشاكل في تصريف مياه المجاري وتعيين مواقع الدين (اخذ التربة) ومواقع المقالع والعوارض الرئيسية والاراضي غالية الثمن وافضل الميول ... والخ.

يتم بعدها توجيه مقاطع الصور الزجاجية DIAPOSITIVES في راسمات تجسيمية STEREO PLOTTERS مثبت فيها آلة ترقيم دائرية مثبتة الى لوالب مسك القلم ، حيث يقوم المشغل بمراقبة النموذج التجسيمي والنقطة العائمة للحصول على إحداثيات الماكنة الـ x والـ y والـ z للموقع، وتظهر هذه القيم كسجل ثابت على آلة كاتبة كهربائية إضافة الى ثقبها على كارت او شريط. من ثم يقوم الكومبيوتر بتحويل إحداثيات الماكنة هذه الى إحداثيات ارضية بمقياس كامل FULL SCALE من خلال مقارنتها بنقاط ضبط ارضي معينة يكون قد جهز بها . وبذلك يكون الكومبيوتر الان قد خزن في ذاكرته نموذجا رياضيا MATHEMATICAL MODEL للارض يطلق عليه عموما "النموذج الرقمي للموقع DIGITAL TERRAIN MODEL". ويقوم المهندس الان بتجهيز الكومبيوتر بمعاليم معينة كإحداثيات الطريق والميول المحددة واطول منحنيات الانتقال الشاقولية والافقية وقوالب نموذجية للمقاطع العرضية. ومن هذه المعلومات يقوم الكومبيوتر باختيار افضل المسالك(الطرق) وتجهيز الكميات الترابية ورسم المقاطع العرضية والطولية باستقامة خط الوسط للطريق المقترح ، كما ينتج مخططات نقل التربة MASS HAUL DIA-GRAMS. ويمكن الان إجراء تحسينات اكثر من هذه المعلومات وبذلك مساعدة الكومبيوتر لاعطاء الكميات النهائية (بعد أخذ ظاهرتي الانتفاخ BULKING والرص COMPACTION بنظر الاعتبار) بضمنها التمييز بين الانواع المختلفة من المواد والكميات في قشط التربة الفوقية وفرشها RESPREADING والزراعة SEEDING. ويتم تجهيز الخرائط النهائية والمقاطع الطولية والعرضية مع كافة المعلومات اللازمة للانشاء. حتى أن الاشكال المنظورية للطريق المقترح يتم تجهيزها على فترات منتظمة بحيث إذا عرضت على الشاشة بسرعة خاطفة تعطي إنطباع السير على الطريق المقترح.

(2) هندسة المرور

يمكن استخدام الصور في دراسات الاستخدامات الارضية للمساعدة في تقدير وتوقع الاشكال المرورية. فيمكن بعملية التصوير التي تجري على فترات متعاقبة منتظمة لمسار مروري معين أن تعطي معلومات كالسرع والكثافة وتركيز الحركة المرورية (إزدحام المرور) لفترات مختارة من الوقت والفترة الزمنية اللازمة لقطع المسار والانتاجية النسبية لاجزاء مختلفة منه.

وتسمى هذه التقنية "تقنية العد من السماء-SKY COUNT TECHNIQUE" ، ولو أن عملية عد السيارات المحمل من على الصور قد زال باستخدام العدادات الالكترونية القادرة على تحسس العربات في اعمال التصوير بالاشعة تحت الحمراء.

يمكن مساعدة الادارة المرورية ، والتي تهدف عموما الى تحسين الانسياب المروري ، بالصور الجوية بأكثر من طريقة واحدة. حيث أن هذه الصور تعطي فحصا بصريا لمساحة كبيرة بلمحة بصر ويمكن أن تؤخذ هذه الصور لتشير الى ذروة السريان والسريان المروري الاعتيادي ، كذلك تشير الى الطرق الاعتيادية والمزدحمة كما تشير الى الشوارع غير المستغلة والى خواص مواقف السيارات ودراسات تقاطعات الطرق وتأثيرالنقل العام علىالسريان المروري .. والخ. كما يمكن أن تستخدم ايضا لانتاج خرائط كنتورية خاصة بالكثافة المرورية-TRAFFIC DENSITY CONTOUR MAPS ولتوفير مصدر ثابت لتخطيط الطرق والشوارع ومواقف السيارات.

(3) التحسس النائي

إن التحسس النائي هو احدث تطوير في مجال التصوير الجوي، مع هذا فإن كافة الصور الجوية هي بالحقيقة نماذجا للتحسس النائي في أن بإمكانها أن تتحسس طبيعة الجسم بدون لمسه.

إن كل الصور تظهر التفاصيل من خلال مقارنة الضوء المنعكس من الاجسام المختلفة حيث يتكون هذا الضوء من طاقة الكترومغناطيسية بأطوال موجات تتراوح بين 0.4 و 0.7 مايكرومتر. أما الطاقة التي تكون طول موجتها اقل من 0.4 مايكرومتر فتسمى "فوق البنفسجيةULTRA VIOLET" والتي اكثر من 0.7 مايكرومتر تسمى "تحت الحمراءINFRA RED". وبإمكان آلة التصوير تسجيل الطاقة التي تتراوح طول موجتها بين 0.3 و 1.2 مايكرومتر ، ولكن الامر يتطلب استخدام معدات خاصة لتقييم الطاقة الاعلى من ذلك.

في التصوير الملون ، يكون كل لون مستقل دالة للضوء المنعكس من الاجسام والذي هو بدوره دالة لخواص امتصاص وانعكاس الطاقة. وهكذا ، لما كان للون الازرق مزايا إنعكاس تختلف عن اللون الاحمر فإنه يكون من

الممكن التمييز بينهما ، ومع ذلك فبتحسس الطيف تحت الحمراء يمكن التمييز بين الاجسام المختلفة التي لها نفس اللون وذلك بسبب خواص إنعكاس الطاقة المتغيرة. ولهذه الظاهرة تأثير واضح جدا في مجال علوم البيئة ، حيث تظهر الخضراوات المزدهرة والمريضة بألوان مختلفة على الرقائق الحساسة الملونة للاشعة تحت الحمراء (لون كاذب) حتى لو تظهر متشابهة بالنسبة للعين البشرية.

ولتسجيل الطاقة التي هي بين الحزمة 1 و20 مايكرومتر تستخدم معدات تحسس حرارية لاشعة تحت الحمراء ، حيث تقوم هذه الاجهزة بتسجيل التغيرات بالطاقة الناتجة عن التغيرات بدرجة الحرارة ، حيث يجري تحسس الموقع من الجو شريط فشريط ومن ثم تبنى الصورة الحرارية. والمثال النموذجي لاستخدامها هو في مجال تلوث الانهار حيث تسجل درجات حرارة المواد الملوثة كألوان تتدرج بين الابيض والاسود ، وبالربط بمناشىء هذه المواد الملوثة يمكن إجراء تحليل أكثر تفصيلا للنهر. ويمكن إجراء هذا النوع من التحسس نهارا او ليلا،لكنه لايتمكن من اختراق ظروف الضباب الجوية. ومن الاستخدامات الاخرى لهذه التقنية تحسس انواع التربة والصخور وتقدير المحتوى الرطوبي WATER CONTENT للتربة المختلفة.

باستخدام رادار ذي تحسس جانبي محمول جوا يمكن بناء صور للموقع لمساحة عريضة بعملية تحسس واحدة. وحيث أن الرادار يعمل بمجال طيفي بين 0.5ملم و1متر ، فهو يمكن أن يستخدم نهارا او ليلا تحت اي نوع من انواع الظروف الجوية. ويتم تجميع تفاصيل الاشباح على اساس الفروقات بالزمن بين الموجات الالكترومغناطيسية المنعكسة. فمثلا يكون زمن الانتقال من تحت الطائرة مباشرة اقل مماهو في حافة خط التحسس. ويتم تحويل هذه الفروقات بالزمن الى سعات لاشارات فيديو تسقط اشباحها على خط واحد من أنبوبة اشعة كاثود. وبهذه الطريقة تبنى صورة الموقع بشكل مماثل لصورة جهاز التلفزيون الحالية.

وهكذا ، باستخدام هذه المعدات يمكن التشغيل تحت اية ظروف جوية ليلا او نهارا. وتبقى هذه الاجهزة تميز بين أي نوع من التفاصيل التي تمتلك خواص انعكاس مختلفة. فالتطبيقات الممكنة لهذه التقنيات في الاعمال الهندسية هي إذن متنوعة.

## امثلة محلولة

مثال 3-1: المطلوب إعداد خرائط من صور جوية لمساحة مستطيلة بأبعاد 50 كم × 100كم. حيث أن حجم الرقيقة الحساسة لآلة التصوير 230 ملم ×230 ملم والبعد البؤري 152ملم. فإذا كان الطيران فوق الموقع بمعدل ارتفاع مقداره 3040 متر والتداخل الامامي (60%) والتداخل الجانبي (30%) ، اوجد:
(A) عدد الصور المطلوبة لتغطية هذه المساحة ، بإضافة

صورتين الى كل نهاية شريط لضمان التغطية.
(B) الفترة الزمنية بين لقطتين متعاقبتين إذا كانت السرعة الارضية تساوي 130 كم/ساعة.
(C) مقدار تشوه الصورة لسرعة غلق مقدارها 1 الى 300 من الثانية لحاجب العدسة. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(A) مقياس التصوير (f/H): =152/3 040 000=1/20 000
طول الموقع بهذا المقياس: =100 000/20 000=5M=5000MM
التغطية الفعلية لكل صورة تساوي (40%) من 230 ملم وتساوي 92 ملم.
إذن عدد الصور لكل شريط: $=5000/92=54.3\approx 55$
إذن عدد الصور المطلوبة: $= 55 + 4 = 59$
عرض الموقع بهذا المقياس يساوي نصف طوله: =2500 MM
والتغطية الفعلية لكل شريط تساوي (70%) من 230 ملم وتساوي 161 ملم.
إذن عدد الشرائط يساوي : $= 2500/161 = 15.5 \approx 16$
إذن العدد الكلي للصور : $= 16 \times 59 = 944$

(B) تؤخذ صورة جديدة لكل (40%) من التغطية الارضية لكل صورة، وهكذا فإن 92ملم تعادل(92 x 20000MM=1840M) على الارض. وهكذا يكون الطول بالحقيقة هو القاعدة الجوية B.
السرعة الارضية: = 130 KM/H =36 M/S
إذن الفترة الزمنية بين كل لقطتين متتاليتين تساوي:
= 1840/36 = 51.1 S
(C) الارض المغطاة خلال فترة (1/300) ثانية تساوي:
= 36000/300 = 120 MM
إذن مقدار تشوه الشبح على الصورة يساوي:
= 120/20 000 = 0.006 MM

مثال 3-2: عرّف التعبيرين :- نقطة الشاقول والمركز المشترك فيما له علاقة بالمسح التصويري. إثبت بأن الزاوية المقابلة لاي نقطتين عند المركز المشترك للصورة تساوي الزاوية المقابلة لها على الارض.

أخذت صورة بآلة تصوير ذات بعد بؤري 254 ملم وكانت تميل بمقدار (7°). اوجد المسافات بالمليمترات من النقطة الرئيسية (PP) في الصورة الى نقطة الشاقول والى المركز المشترك. (جامعة لندن)

الحل

لاجابة الجزء الاول من السؤال، أنظر <الفقرتين 3-2-1 و 3-2-6>. راجع <الشكل 3-3>.
المسافة من النقطة الرئيسية الى نقطة الشاقول تساوي:
$= pv = f \tan \theta = 254 \tan 7° = 31.19$ MM
المسافة من النقطةالرئيسية الى المركزالمشترك تساوي:
$= pi = f \tan (\theta/2) = 15.54$ MM

مثال 3-3: إثبت بأن العلاقة بين الزاوية α على الصورة المحصورة بين أي خط يمر بالنقطة الرئيسية والخط الذي يمثل اعلى ميل - والزاوية β المقابلة لها على الارض هي:
$\tan \beta = \tan \alpha \cos \theta$
حيث أن θ هي زاوية ميل آلة التصوير.

المقادير التالية هي إحداثيات الصورة المأخوذة بآلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 250ملم لنقطة الشاقول v وللشبحين a و b للنقطتين الارضيتين A وB.

| النقطة | x ملم | y ملم |
|---|---|---|
| v | - 27.8 | 13.0 |
| a | - 8.0 | 57.2 |
| b | 96.1 | 20.4 |

ماذا ستكون قيمة الزاوية الافقية المقابلة لـ A وB عند النقطة الرئيسية الارضية ؟ (جامعة لندن)

الحل

لاجابة الجزء الاول من السؤال أنظر (الفقرة 3-2-6) (المعادلة 3-9).
يجب التذكر دائما بأن إحداثيات الصورة تقاس من محوري الاسناد بنقطة P كنقطة أصل (شكل 3-42).
إذن المسافة (pv) تساوي: $pv = f \tan \theta = (27.8^2 + 13.0^2)^{\frac{1}{2}} = 30.7$ mm

$\therefore\ 250 \tan \theta = 30.7$

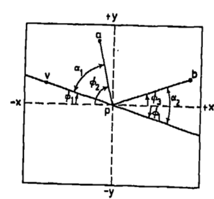
$\therefore\ \theta = 7° 00'$

من (الشكل 3-42):

$\phi_1 = \tan^{-1} 13/27.8 = 25° 04'$

$\phi_2 = \tan^{-1} 57.2/8.0 = 82° 02'$

$\therefore\ \alpha_1 = \phi_2 - \phi_1 = 56° 58'$




شكل 3-42

ويتم الحصول الان على الزاوية المقابلة على الارض من:

$\tan \beta_1 = \tan \alpha_1 \cos \theta = \tan 56° 58' \cos 7° \quad \therefore\ \beta_1 = 56° 46'$

كذلك: $\phi_3 = \tan^{-1} 20.4/96.1 = 12° 00' \therefore\ \alpha_2 = \phi_3 + \phi_1 = 37° 04'$

ولكن : $\tan \beta_2 = \tan \alpha_2 \cos \theta \qquad \therefore \; \beta_2 = 36° \, 52'$

إذن الزاوية (APB) على الارض تساوي: $= 180° - (\beta_1 + \beta_2) = 86° \, 22'$

مثال 3-4: من مرتسم الخطوط القطرية، وجد بأن المسافة بين النقطتين الرئيسيتين الارضيتين لصورتين جويتين متتاليتين تساوي 654 متر. وكانت آلة التصوير ذات البعد البؤري 254ملم شاقولية في كل صورة ، كما كانت الطائرة قد حافظت على طيران مستوي . فإذا كان اختلاف النظر لنقطة A يساوي 93.60 ملم ، أوجد ارتفاع الطائرة فوق A. ايضا اوجد منسوبي النقطتين B وC اللتين فرق اختلاف نظريهما عن A يساوي (0.36+) ملم و (0.20-)ملم على التوالي، علما بأن منسوب نقطة A هو 29.96 متر فوق مستوى الاسناد المساحي. (جامعة لندن)

الحل

هذا السؤال موضح في (الشكل 3-31)
من المثلثين المتشابهين ($L_1AL_2$) و ($L_1 a_1 a_2'$):

$$(H - h_A) = \frac{Bf}{P_A} = \frac{654 \times 254}{93.6} = 1775 \text{ m}$$

الذي يمثل ارتفاع الطائرة فوق A.
إن (المعادلة 3-19) تعبر نفسها الى هذا السؤال بالذات بشكل مثالي .

$$\Delta h_{AB} = \frac{(H - h_A)\Delta P_{AB}}{P_A + \Delta P_{AB}} = \frac{1775 \times 0.36}{93.6 + 0.36} = 6.80 \text{ m}$$

إذن منسوب B يساوي:
=29.96+6.80=36.76M(فوق مستوى الاسناد المساحي)
كذلك:

$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A)\Delta P_{AC}}{P_A + \Delta P_{AC}} = \frac{1775 \times (-0.20)}{93.6 - 0.20} = -3.80 \text{ m}$$

إذن منسوب C يساوي:
=29.96-3.80=26.16M(فوق مستوى الاسناد المساحي)

مثال 3-5: إشرح ماذا يقصد بمعنى إختلاف النظر PARALLAX فيما له علاقة بالصور الجوية. كيف يمكنك قياس اختلاف نظر نقطة تظهر على كلتا صورتين متداخلتين إذا كانت عدتك الوحيدة هي مسطرة مقسمة الى ملليمترات ؟

هنالك النقطتان A و B تظهران في منطقة تداخل صورتين جويتين شاقوليتين مأخوذتين من ارتفاع مقداره 2500م فوق (MSL) بآلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 152 ملم. حيث أن نقطة A تمثل وسط جسر في الوادي بينما B تمثل نقطة على معبر ضمن سلسلة من التلال. ولاجل تقدير قيمة الفرق بالارتفاع بين هاتين النقطتين فقد أخذت قياسات لقضيب اختلاف النظر وكما يلي:

النقطة A: متوسط القراءة 11.43 ملم
النقطة B: متوسط القراءة 5.90 ملم

إن متوسط منسوب الوادي الذي يحوي النقطتين الرئيسيتين يساوي 82 م فوق مستوى الاسناد المساحي ، بينما منسوب راقم التسوية (BM) على الجسر بالقرب من النقطة A يساوي 74.55 م فوق مستوى الاسناد المساحي.

فإذا كانت قاعدتا الصورتين المذكورتين 89.1 ملم و 91.4 ملم على التوالي،اوجد ارتفاع النقطة B فوق A.
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

راجع(الفقرة 3-7-2)للاجابة على الجزء الاول من السؤال.

لما كان منسوب النقطة A معلوم بدرجة ضبط كافية، يمكن احتساب اختلاف النظر لها من (المعادلة 3-18).

$$P_A = \frac{bH_o}{H - h_A}$$

حيث ان :
$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{89.1 + 91.4}{2} = 90.25 \text{ mm}$$

$H_o = 2500 - 82 = 2418$ m $\quad H = 2500$ m $\quad h_A = 74.55$ m

$$\therefore\ P_A = \frac{90.25 \times 2418}{2500 - 74.55} = 89.97 \text{ mm}$$

$$P_B = P_A + \Delta P_{AB}$$

حيث أن( $\Delta P_{AB}$ )هو الفرق باختلاف النظر ويساوي:
$= 11.43 - 5.90 = 5.53$ MM
وهذا "يضاف" لان B هي بديهيا اعلى من A.
$\therefore\ P_B = 89.97 + 5.53 = 95.50$ MM

ولكن لما كانت [$P_B = (bH_o/(H-h_B))$] ، عليه :
$h_B = 214.9$M(فوق مستوى الاسناد المساحي)
إذن ارتفاع B فوق A يساوي: $= 214.9 - 74.55 = 140.4$M

مثال 3-6: عندما تقوم طائرة بأخذ صورتين شاقوليتين متتاليتين خلال طيران مستوي يكون ارتفاعها فوق المحطة الارضية A مساويا $H_A$. واختلاف النظر لـ A على الصورة هو $P_A$ واختلاف نظر النقطة الارضية B على ارتفاع h فوق A يساوي($P_A + \Delta P$). إثبت بأنه يمكن الحصول على ارتفاع B فوق A من المعادلة:

$$h = H_A \frac{\Delta P}{P_A}\left(1 - \frac{\Delta P}{P_A}\right)$$

إن إختلاف النظر في زوج من الصور الجوية الشاقولية للنقطةA ذات الارتفاع المعلوم 112.82م فوق(MSL) يساوي 91.4 ملم. كما أن تغيري اختلاف النظر للنقطتين P و Q يساويان (-1.25 MM) و(+0.87 MM) على التوالي. اوجد ارتفاعي P وQ فوق (MSL) إذا كان البعد البؤري لآلة التصوير 254ملم والقاعدة الجوية 722م.

فإذا كانت الارض كلها بنفس مستوى A ، ماذا ستكون النسبة المئوية لتداخل الصور ذات الحجم (230MM ×230MM) ؟ (جامعة لندن)

الحل

بالرجوع الى (الشكل 3-31) وبفرض $H_A$ كإرتفاع للطائرة فوق A ، فإن : $P_A = f B/H_A$
كذلك ، لما كانت B ترتفع بمقدار h فوق A فإن:

$$P_B = \frac{fB}{H_A - h} = (P_A + \Delta P)$$

ولكن :

$$H_A - (H_A - h) = \frac{fB}{P_A} - \frac{fB}{P_A + \Delta P}$$

$$\therefore\ h = \frac{fB}{P_A}\left(1 - \frac{P_A}{P_A + \Delta P}\right) = H_A\left(\frac{P_A + \Delta P - P_A}{P_A + \Delta P}\right)$$

$$= H_A\left(\frac{\Delta P}{P_A + \Delta P}\right) = H_A\frac{\Delta P}{P_A}\left(\frac{P_A}{P_A + \Delta P}\right)$$

$$= H_A\frac{\Delta P}{P_A}\left(\frac{1}{1+\frac{\Delta P}{P_A}}\right) = H_A\frac{\Delta P}{P_A}\left(1+\frac{\Delta P}{P_A}\right)^{-1}$$

والتي إذا فتحت الى اول حد فقط تعطي:

$$h = H_A\frac{\Delta P}{P_A}\left(1 - \frac{\Delta P}{P_A}\right)$$

ومن العلاقة ($P_A = f B/H_A$) ينتج:

$$H_A = \frac{fB}{P_A} = \frac{254 \times 722}{91.4} = 2006\ \text{m}$$

إذن ارتفاع Pε تحت A يساوي ($h_p$) :

$$= h_p = H_A\frac{\Delta P}{P_A}\left(1 - \frac{\Delta P}{P_A}\right)$$

$$= 2006\left(\frac{-1.25}{91.4}\right)\left(1 + \frac{1.25}{91.4}\right)$$

$$= -28.48\ \text{m}$$

اي ان P هي اعلى من A .

إذن ارتفاع Pε فوق (MSL) : = 112.82 - 28.48 = 84.34 M

وبنفس الطريقة:

$$h_Q = 2006 \times \left(\frac{0.87}{91.4}\right)\left(1 - \frac{0.87}{91.4}\right) = 19.86\ \text{m}$$

إذن ارتفاع Qε فوق (MSL) :

$$= 112.82 + 19.86 = 132.68\ \text{m}$$

المطلوب في البداية ايجاد طول الارض المغطاة بصور ذات حجم (230MM X 230MM).

المقياس يساوي:
(انظر الشكل 3-4) (المقياس) = $f/H_A$
(الابعاد المقابلة على الارض)/(ابعاد الرقيقة الحساسة)=
= 254/2006 = 230/G ر ∴ G=1817 M

القاعدة الجوية تساوي 722متر والتي ايضا هي "التغطية الفعلية EFFECTIVE COVER" - انظر (المثال 3-1).

إذن التغطية الفعلية: = (100% /1817)× 722 = 40%
إذن التداخل OVERLAP يساوي ( 60% ).

مثال 3-7: عرف بوضوح ماذا يقصد باختلاف النظر في زوج من الصور الزوجية الشاقولية المتداخلة.
الجدول التالي يعطي قراءات لقضيب اختلاف النظر لعدة نقاط في منطقة التداخل التجسيمي STEREPSCOPIC OVERLAP لزوج من الصور.

| نقاط الصورة | متوسط قراءات القضيب (ملم) | ملاحظات |
|---|---|---|
| a | 6.58 | |
| b | 11.31 | |
| $P_1$ | 5.98 | للصورة 1 (PP) |
| c | 2.62 | |

إذا كان طولا قاعدتي الصورة في الصورتين 1 و2 يساويان 88.30 ملم و 84.28 ملم على التوالي. فبدون استخدام اية معطيات أخرى ، احسب اختلاف النظر للنقطتين اعلاه.
ثم اوجد مناسيب النقاط A وB وC إذا أعطيت المعطيات التالية: البعد البؤري للعدسة(f=150MM) وارتفاع الطيران فوق الاسناد(H=500M) ومتوسط منسوب الارض(h=224.68M) علما بأن قضيب اختلاف النظر المستخدم كان قد اعطى قراءات متزايدة بازدياد المسافة بين النقاط.
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

قد تحتاج الجملة الاخيرة في السؤال الى بعض التفسير ، حيث يجب ان يكون واضحا عند تصميم (الشكل 3-33) بأنه كلما زادت المسافة بين النقاط ينقص منسوبها. هنالك بعض قضبان اختلاف النظر مقسمة لتعطي قراءات متزايدة بازدياد المسافة بين النقاط (قضبان كلاوسر CLAUSER BARS)، وهكذا تشير الزيادة في القراءة الى انخفاض في المنسوب وهكذا نقصان في إختلاف النظر. إن القضيب الامريكي او المباشر يعطي قراءات نهائية REDUCED READINGS بازدياد المسافة بين النقاط ، وهكذا يشير النقصان بالقراءة على هذا النوع من القضيب الى انخفاض بالمنسوب.
يشير (الشكل 3-34) الى أن اختلاف النظر $P_1$ يساوي $b_2$ ، واختلاف النظر $P_2$ يساوي $b_1$ ، حيث أن $b_1$ و$b_2$ هما قاعدتا الصورتين

على التوالي.
إذن إختلاف النظر $P_1$ يساوي 84.28 ملم.

$$\Delta P_{p_1a} = (5.98 - 6.85) = -0.87 \text{ m} \qquad \therefore P_A = 84.28 - 0.87 = 83.41$$
$$\Delta P_{p_1b} = (5.98 - 11.31) = -5.33 \text{ mm} \qquad P_B = 84.28 - 5.33 = 78.95$$
$$\Delta P_{p_1c} = (5.98 - 2.62) = +3.36 \text{ mm} \qquad P_C = 84.28 + 3.36 = 87.64$$

يتضح بجلاء من نوع القضيب المستخدم بأن النقطتين A وB هما أوطأ من $P_1$ ، وهكذا فإن اختلاف نظريهما يكون أقل ويجب طرح الفرق.

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = 86.29 \text{ mm}$$

ومن :

$$P_A = \frac{b(H-h)}{H-h_A} = \frac{86.29(500 - 224.68)}{500 - h_A} = 83.41 \text{ mm}$$

$$h_A = 215.17 \text{ m}$$

وبنفس الطريقة :

$$h_B = 199.08 \text{ m} \quad \text{and} \quad h_c = 228.92 \text{ m}$$

مثال 3-8: في زوج من الصور الجوية المتداخلة تم قياس الاحداثيات لقمة برج كهرباء كما يلي :

| قمة البرج ( t ) | x (ملم) | y (ملم) |
|---|---|---|
| الصورة 1 | 82.45 | 52.00 |
| الصورة 2 | - 74.88 | 48.84 |

إن نقطة أصل الاحداثيات أعلاه هي النقطة الرئيسية (PP) والمحور متكون من علامتي الاسناد للصورتين، كما أن قاعدتي الصورة تصنعان الزاويتين 80° و258° على التوالي مقاسة باتجاه عقرب الساعة من محور الـ( y+).

ثم أخذت قياسات قضيب اختلاف النظر كما يلي: لقمة البرج كانت 35.63 ملم ولاسفل البرج كانت 41.89 ملم.

فإذا كان البعد البؤري لعدسة آلة التصوير 152ملم وارتفاع الطيران 2000 م وقاعدتا الصورة 92.84 ملم و 90.16 ملم على التوالي ، وكان متوسط منسوب المنطقة 112 م فوق مستوى الاسناد ، اوجد الارتفاع التقريبي للبرج. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

من (الشكل 3-43) :
الصورة 1/

$$p_1b_1 = p_1c_1/\cos 10° = 82.45/\cos 10° = 83.72 \text{ mm}$$
$$b_1c_1 = p_1c_1 \tan 10° = 82.45 \tan 10° = 14.54 \text{ mm}$$
$$\therefore t_1b_1 = t_1c_1 - b_1c_1 = 52.00 - 14.54 = 37.46 \text{ mm}$$

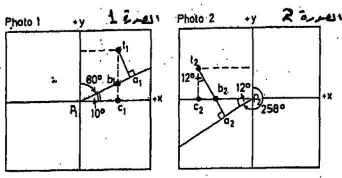
ثم :

$$b_1a_1 = t_1b_1 \sin 10° = 37.46 \sin 10° = 6.50 \text{ mm}$$
$$\therefore p_1a_1 = p_1b_1 + b_1a_1 = 83.72 + 6.50 = 90.22 \text{ mm}$$

الصورة 2/

$b_2c_2 = t_2c_2 \tan 12° = 48.84 \tan 12° = 10.39$ mm
$b_2p_2 = p_2c_2 - b_2c_2 = 74.88 - 10.39 = 64.49$ mm
$a_2p_2 = b_2p_2 \cos 12° = 64.49 \cos 12° = 63.08$ mm

إذن اختلاف المنظر لقمة البرج $(P_t)$: $=90.22+63.08=153.30$MM




شكل 3-43

من قياسات القضيب: $\Delta P_{tb} = 41.89-35.63=6.26$MM

إذن اختلاف المنظر لاسفل البرج $P_b$: $=153.30-6.26=147.04$MM

من المعادلة الاساسية لاختلاف المنظر : $P_t = b(H-h)/(H-h_t)$

$$\therefore\ h_t = 2000 - \left[\frac{91.5(2000-112)}{153.3}\right] = 873 \text{ m OD}$$ (فوق مستوى الاسناد)

ايضا :

$$h_b = 2000 - \left[\frac{91.5(2000-112)}{147.04}\right] = 825 \text{ m OD}$$ (فوق مستوى الاسناد)

إذن ارتفاع البرج يساوي 48 متر.

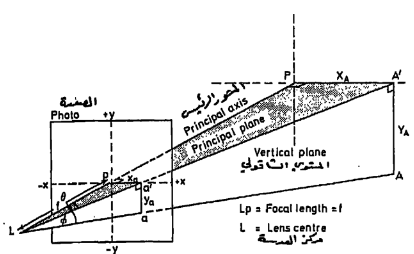
## 3-12 المسح التصويري الارضي TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY

إن هذا النوع من اعمال المسح التصويري تستفيد من الصور المأخوذة من محطات ارضية، ويسمى الجهاز المستخدم في ذلك "مزواة التصوير PHOTO-THEODOLITE" ويتألف من آلة تصوير دقيقة مركبة على مزواة. إن المزواة تسمح باتجاه المحور الرئيس PRINCIPAL AXIS لآلة التصوير نسبة الى خط القاعدة BASE LINE.

### 3-12-1 مبدأ العمل

يتم تركيز آلة التصوير باعتناء في كل محطة وتوزن بحيث يكون المحور الرئيس لآلة التصوير أفقيا ومستوى الصورة شاقوليا. فموقع النقطة الارضية على الخارطة يمكن أن يثبت بواسطة الحسابات او بواسطة الرسم او من خلال اجهزة خاصة من الصورة الارضية.

يشير (الشكل 3-44) الى موقع النقطة A نسبة الى محوري الاسناد للصورة، فيدعى المحور الافقي x' خط الافق




شكل 3-44

"HORIZON LINE" بينما يدعى المحور الشاقولي "الخط الرئيس". ويمكن تعريف الزاويتين الافقية θ والشاقولية φ كما يلي:

$$\tan\theta = \frac{x_a}{f} \qquad \text{...<A29-3>}$$

$$\tan\phi = \frac{-y_a}{La'}$$

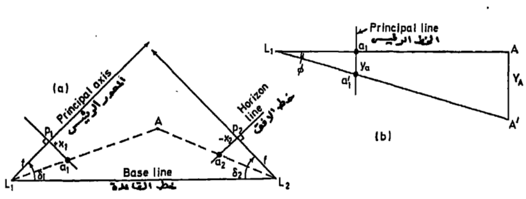
ولكن $\left( La' = \frac{x_a}{\sin\theta} \right)$ او $\left( = \frac{f}{\cos\theta} \right)$

$$\therefore\ \tan\phi = \frac{-y_a \sin\theta}{x_a} \qquad \text{...<B29-3>}$$

او:

$$\tan\phi = \frac{-y_a \cos\theta}{f} \qquad \text{...<C29-3>}$$

## 3-12-2 طريقة التقاطع Method of intersection




شكل 3-45(A) منظر افقي او راسي (B) منظر امامي

بهذه الطريقة (شكل 3-45) يجري تدوير محور آلة التصوير بأية زاوية نسبة الى خط القاعدة ($L_1L_2$) حيث أن الصور مأخوذة من كل من نهايتي خط القاعدة. ويمكن تعيين موقع النقطة A تخطيطيا برسم خط القاعدة بالمقياس المطلوب ، وبرسم اتجاه المحور الرئيس لكل محطة آلة تصوير بخط الافق مرسوم عموديا على المحور. وترسم إحداثيات x للنقاط لتتقاطع في A. أما منسوب النقطة نسبة الى المستوى الرئيس فيمكن ايجاده من تشابه المثلثات (شكل 3-B45).

$$\frac{Y_A}{L_1A} = \frac{y_a}{L_1a_1}$$

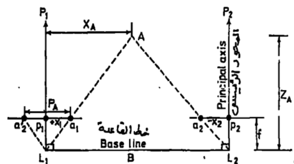
ولكن من (الشكل 3-A45):

$$L_1a_1 = (x_1^2 + f^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore\ Y_A = \frac{L_1A \times y_a}{(x_1^2 + f^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad ...(3-30)$$

وقد تم استبدال هذه التقنيات البسيطة بالطرق التجسيمية STEREOSCOPIC METHODS الى حد كبير.

## 3-12-3 الطرق التجسيمية




شكل 3-46 : منظر أفقي

لاجل تسهيل الرؤية المجسمة ، تؤخذ الصور من كل من نهايتي خط القاعدة بالمحور الرئيس يصنع زاوية 90° مع خط القاعدة (شكل 3-46). ويجب أن تكون القاعدة ذات طول بحيث تعطي تقاطعا جيدا للشعاعات ، كما يجب أن تقاس بشكل مضبوط لتقليل تسرب الاخطاء من هذا المصدر.

من (الشكل 3-46) يتضح بأن المثلثين ($L_1AL_2$) و ($a'_2L_1a_1$) متشابهان.

$$\therefore\ Z_A/L_1L_2 = L_1p_1/a_1a'_2$$

$$\therefore\ Z_A = \frac{fB}{P_A} \qquad ...(3-31)$$

(حيث أن $P_A$ هي اختلاف نظر A)

كذلك :

$$X_A/Z_A = x_1/f \qquad \therefore\ X_A = \frac{Z_Ax_1}{f} \qquad ...(3-32)$$

من الشكل (3-45B):

$$Y_A/y_a = \frac{L_1 A}{L_1 a_1} = \frac{Z_A}{f}$$ (من الشكل 3-46)

$$\therefore\ Y_A = \frac{Z_A y_a}{f}$$ ...(3-33)

لاحظ بأن في المعادلة (3-31): $P_A = [x_1 - (-x_2)] = (x_1 + x_2)$
فإذا كانت A الى يمين $P_2$ فإن $P_A$: $P_A = (x_1 - x_2)$
بينما إذا كانت A الى يسار $P_1$ فإن $P_A$: $P_A = (x_2 - x_1)$

إضافة الى هذا الحل الحسابي فإنه يمكن توجيه الصور في بعض اجهزة الرسم العالمية الكبيرة (ويلد WILD A7) ، وبهذه الطريقة يتم إنتاج الخرائط.

### 3-12-4 التطبيقات

كانت هذه الطريقة قد وجدت اصلا للمسوحات الطوبوغرافية للمناطق الوعرة جدا، وعليه فإنها استغلت بشكل واسع في سويسرا. وسوف نقيد الحالات التالية في استخداماتها لتشير الى تطبيقات الوقت الحاضر:

(A) مسح السطوح الوعرة الحادة في المقالع ومواقع السدود .. وإلخ. وكانت الطريقة تستخدم لمسح وجه قلعة ادنبرة في اسكتلندا بالمملكة المتحدة.
(B) طريقة القاعدة القصيرة SHORT-BASE METHOD تستخدم لتحضير مخططات حوادث الطرق.
(C) لقد تم استخدام هاتين الطريقتين سالفتي الذكر في المسوحات الملتوية في الانفاق (جبال سنوي SNOWY MOUNTAINS ونفق ميرسي MERSY TUNNEL).
(D) تسجيل التفاصيل المعمارية لاعادة بناء المباني الاثرية.
(E) وقد تم استخدامها في كثير من المشاريع العلمية التي تتطلب القياس ، كما في الصور التجسيمية للاجسام في بلد شديد الحرارة .
(F) وحتى أنها كانت تستخدم لانتاج خرائط كنتورية للحيوانات لاغراض التربية الحيوانية.

### امثلة محلولة

مثال 3-9: لاجل تعيين البعد البؤري لآلة تصوير ، فقد أخذت صورة ارضية من المحطة O للعلامتين P وQ اللتين يظهر شبحاهما على الصورة المطبوعة ، ولهما الاحداثيات المدرجة في الجدول ادناه ، هذا وكانت الزاوية المحصورة بين P وQ عند آلة التصوير (32°50′).

بعد ذلك تم تثبيت آلة التصوير في كل من نهايتي خط القاعدة (AB) ذي الطول 350.52م وأخذت صورتان للعلامة X. وكانت الزاويتان بين المحور البصري لآلة التصوير

وخط القاعدة (′20°64) و (′30°48) في A وB على التوالي.
أما إحداثيات الشبح X على الصورة المطبوعة فهي كما مبين ادناه:

| المسافة من خط الافق (ملم) | المسافة من الخط الرئيس (ملم) | الجسم على الصورة | المحطة |
|---|---|---|---|
| | +57.15 | P | O |
| | −27.94 | Q | O |
| +47.75 | −23.37 | X | A |
| −19.05 | −70.10 | X | B |

وكان المحور البصري لآلة التصوير أفقيا دائما وكان منسوب النقطة A يساوي 35.78 م. أما ارتفاع آلة التصوير في A وفي B فكان 1.30 متر. اوجد منسوب كل من B وX ومسافة X من خط القاعدة.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من (الشكل 3-A47):

$$(\alpha + \beta) = 32° 50'$$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} = \frac{(27.94/f) + (57.15/f)}{1 - (27.94/f)(57.15/f)} = \tan 32° 50'$$

$$\therefore \frac{(85.09/f)}{1 - (1596.77/f^2)} = 0.645\,28$$

$$\therefore 0.645\,28 f^2 - 85.09 f - 1030.36 = 0$$

$$\therefore f = 143 \text{ mm}$$

من (الشكل 3-B47):

$$\theta_A = \tan^{-1}(23.37/143) = 9° 17'' \qquad \theta_B = \tan^{-1}(70.1/143) = 26° 07'$$

إذن في المثلث (AXB):

$$\hat{A} = 73° 37' \qquad \hat{B} = 22° 23' \qquad \hat{X} = 84° 00'$$

$$AX = \frac{AB \sin \hat{B}}{\sin \hat{X}} = 134.21 \text{ m} \quad \text{and} \quad BX = \frac{AB \sin \hat{A}}{\sin \hat{X}} = 338.14 \text{ m}$$

إذن المسافة العمودية لـ X من (AB) تساوي:
$= AX \sin \hat{A} = 128.76$ (متر)

من (الشكل 3-C47):

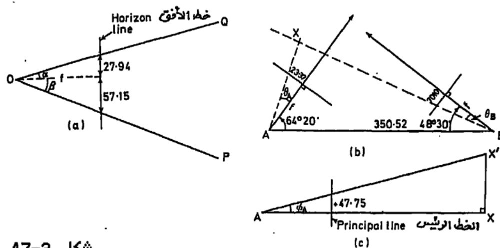
$$\tan \phi_A = \frac{y_A \sin \theta_A}{x_A} \quad \ldots (3\text{-}34)$$

$\therefore \phi_A = \tan^{-1}(47.75 \sin 9° 17')/23.37 = 18° 15'$
$\therefore XX' = AX \tan \phi_A = 44.24$ (متر)

منسوب المستوى الرئيس: $= 35.78 + 1.30 = 37.08$ (متر)
إذن منسوب النقطة X: $= 37.08 + 44.24 = 81.32$ (متر)

بنفس الطريقة من B:

$\phi_B = TAN^{-1}(-19.05 \ SIN \ 26°07')/70.10 = -6°49'$
$\therefore XX' = BX \ TAN \phi_B = -40.45$ (متر)
وحيث ان منسوب X من A هو 81.32م ، فان منسوب B:
$= 81.32 + 40.45 = 121.77$ (متر)




شكل 3-47

مثال 3-10: لاجل تعيين مساحة قطعة الارض (PQRS) وضع شاخص متميز في كل من الاركان الاربعة للقطعة وكانت هذه الشواخص الاربعة مرئية بوضوح على الصور الارضية ذات الحجم(230MM x 230MM) الماخوذة للقطعة من كل من نهايتي خط القاعدة ذي الطول 213.36م. وكان المحور البصري لالة التصوير في كل صورة افقيا كما كان متعامدا مع خط القاعدة. هذا وكان خط القاعدة باتجاه(شرق-غرب)،وكانت القطعة واقعة الى شماله. اما البعد البؤري لالة التصوير فكان 152 ملليمتر.

المعلومات المدرجة ادناه تعطي الاحداثيات x لاشباح الشواخص الاربعة مقاسة من الصورتين:

| القطب | الصورة 1 (غرب) الاحداثي مقاس من النقطة الرئيسية (ميلليمتر) | الصورة 2 (شرق) الاحداثي مقاس من النقطةالرئيسية (ميلليمتر) |
|---|---|---|
| P | 8.3 | -56.0 |
| Q | 71.6 | 14.0 |
| R | 106.1 | 20.7 |
| S | 11.0 | -74.4 |

اوجد مساحة القطعة بالامتار المربعة.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من (الفقرة3-12-3) ، ان (المعادلتين 3-31 و 32) هما على التوالي :
$Z = f \ B/P$ و $X = Z \ x/f$

ولايجاد الاحداثيات الارضية للشواخص :

Z =153 x 213.36/(8.3+56.0)=507.68M (شمال محطة القاعدة 1)

X =507.68 x 8.3/153=27.51M(1 شرق محطة القاعدة)

وبنفس الطريقة:

Q = 566.74M (شمالا) ر 265.15M (شرقا)
R = 382.25M (شمالا) ر 264.15M (شرقا)
S = 382.25M (شمالا) ر 27.51M (شرقا)



شكل 3-48

وهكذا فإن الاحداثيات تعطي شكلا كالذي مبين في (الشكل 3-48).

إذن المساحة تساوي:

=[(125.43+184.49)/2] x 237.64 = 36 825 (متر مربع)

## تمارين

3-1 إشرح طريقة إنتاج مرتسم ضبط ثانوي من طاقم من الصور الجوية المتداخلة. بفرض أن نقطتين ارضيتين للضبط تظهران في كل من نهايتي المسار (الشريط). كيف تستخدم هاتين النقطتين لتعديل مقياس المخطط ؟
إشرح ايضا كيف تحضر وكيف تستخدم القوالب المخرمة SLOTTED TEMPLATES ، وكيف يتأثر تعديل المقياس في هذه الحالة ؟ (جامعة لندن)

3-2 إشرح كيف يتم إنشاء خط القاعدة لزوج من الصور الجوية الشاقولية الذي يكون تشويه الميل فيهما مهملا.
وكيف يجري تثبيتهما في جهاز التجسيم للنظر اليهما .
إشرح كيف يمكن ايجاد موقع كنتور معين باستخدام قضيب اختلاف النظر ، واستخرج - ابتداء بالمبادئ الاولية - معادلة اختلاف النظر التي يبنى عليها هذا العمل.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

3-3 في النية إعداد خارطة لموقع بأبعاد 12كم x 30كم بمقياس (000 1/20) من خلال عملية تصوير جوي شريطي STRIP PHOTOGRAPHY وذلك باستخدام آلة تصوير ذات عدسة بعدها البؤري 152 ملم معطية صورا بحجم 230 ملم مربع. وقد افترض بأن السرعة التشغيلية للطائرة تساوي200كم/ساعة كما كان يجب توفير تداخل طولي للصور بمقدار (60%) وتداخل عرضي بمقدار (25%).
اوجد: (A) معدل الارتفاع الذي يجب أن تطير به الطائرة فوق الارض.
(B) الفترة الزمنية بين التقاط كل صورتين

متنالیتین في اي مسار واحد.
(C) اقل عدد من الصور المطلوبة. (جامعة لندن)
[الجواب:(A) 3040 متر (B) 33.1 ثانية (C) 5705 صورة]

3-4 إشرح لماذا تظهر ارتفاعات المباني والاشجار..والخ مضخمة عندما ينظر الى زوج من الصور الجوية الشاقولية تجسيميا STEREOSCOPICALLY.
مدخنة مصنع بارتفاع 122م تظهر في النقطة الرئيسية لصورة جوية شاقولية. وفي الصورة التالية التي إخذت بعدها بفترة قصيرة - والتي هي ايضا شاقولية - كانت قاعدة المدخنة على محور الـ x وعلى مسافة 83.82 ملم الى يسار النقطةالرئيسية. وكل من الصورتين كانت بحجم 203ملم× 203ملم.

فإذا علمت بأن ارتفاع طيران الطائرة فوق الارض كان 792م وأن البعد البؤري لعدسة آلةالتصوير كان 127ملم. اوجد(A)بعد قمة المدخنة من محور الـ y على الصورة الثانية و(B)النسبة المئوية للتداخل بين الصورتين.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب:(A) 91.2 ملم و(B) 58.7% ]

3-5 يوضح الجدول التالي قائمة بقراءات قضيب اختلاف النظر على ثلاث نقاط A وB وC.

| القراءة | A | B | C |
|---|---|---|---|
| الاولى | 6.98 | 5.56 | 7.82 |
| الثانية | 6.99 | 5.58 | 7.84 |
| الثالثة | 6.96 | 5.55 | 7.79 |
| الرابعة | 6.99 | 5.55 | 7.83 |

النقطة A هي نقطة ضبط ارضي ذات منسوب يساوي 184م فوق مستوى الاسناد المساحي. وقد أخذت الصور من ارتفاع 3500م(MSL) باستخدام عدسة ذات بعدبؤري مقداره150ملم. وقد قيس خطا القاعدة للصورتين فكانا 84.20 ملم و86.28 ملم على التوالي ، بينما كان متوسط ارتفاع الموقع في منطقة التداخل 120م فوق مستوى الاسناد المساحي.

اوجد المنسوب التقريبي للنقطتين B وC. علما بأن قضيب اختلاف النظر المستخدم كان قد اعطى قراءات متناقصة بازدياد المسافة بين اطباق القياس MEASURING PLATES.
(بوليتكنيك كنكزتون)
[الجواب: 122م ، 216م فوق مستوى الاسناد المساحي ]

3-6 إستخرج تعبيرا لاختلاف نظر نقطة تظهر على زوج من الصور الجوية المتداخلة.
كانت سرعة طائرة مكلفة بأعمال مسح جوي 200 كم/ساعة. فإذا كان ارتفاع الطيران 2000 متر فوق مستوى الاسناد وكانت الصور قد أخذت على فترات زمنية مقدارها 20ثانية باستخدام آلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 254 ملم ،

اوجد طول القاعدة الجوية.

وهكذا ، اوجد ارتفاع البرج الذي يظهر في صورتين متتاليتين إذا كان الفرق في قياسي اختلاف المنظر بين قاعدته وقمته 1.51 ملم. علما بأنه كان قد وجد من اعمال مسح ضبط ارضي بأن منسوب قاعدته يساوي 15.00متر فوق مستوى الاسناد.

ماذا كان مقياس الصورتين إذا أفترض بأن منسوب الموقع كان بنفس مستوى الاسناد؟ (بوليتكنيك كنكزتون)

[الجواب: 1111.2 م ، 21 م ، 1 الى 7874]

3-7 أستخدمت مزواة تصوير ذات بعد بؤري 150 ملم لاخذ صورة عند كل من نهايتي خط القاعدة(AB) الذي طوله250م. وفي كل من الحالتين كان المحور البصري لآلة التصوير أفقيا وارتفاع الجهاز ثابتا ، وكانت الزاويتان الافقيتان بين المحور البصري وخط القاعدة كما قيستا فيA وB مساويتان°60 و°48 على التوالي.

كانت الاحداثيات (نسبة الى النقطة الرئيسية لكل صورة مطبوعة) للنقطتين P وQ اللتين يظهر شبحاهما في الصورتين كما مدرجة ادناه:

| | إحداثيات P (ملم) | | إحداثيات Q (ملم) | |
|---|---|---|---|---|
| | X | Y | X | Y |
| الصورة فيA | -10.8 | 0 | 17.6 | 8.4 |
| الصورة فيB | -24.8 | -2.0 | 36.0 | لم يقس |

اوجد المسافة الافقية بين النقطتين P وQ والفرق بالمنسوب بينهما ، كذلك اوجد الفرق بالمنسوب بين A وB. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: (PQ) يساوي 90.50 م ، 13.46 م ، 3.02 م ]

3-8 ماهي فوائد ومضار استخدام مزواة التصوير في اعمال المساحة؟

أخذت صورتان تجسيميتان من نهايتي خط القاعدة(PQ) الذي طوله60.00 م بآلة تصور التي كان البعد البؤري لعدستها 165ملم. وهنالك نقطةR متميزة بوضوح في كل من الصورتين ، وهي تظهر الى يمين الشعرة العمودية في كل من الحالتين، وكانت القياسات الافقية والشاقولية ، في الصورة المأخوذة من P ، من الشعرتين المتقاطعتين 45.72 ملم و 6.10 ملم على التوالي ، بينما كانت القياسات المماثلة لها على الصورة الثانية 4.32 ملم و 3.05 ملم على التوالي.

اوجد موقع R على الخارطة نسبة الى P وQ وجد الفرق بالمنسوب لمحور آلة التصوير البصري بين موقعيها في P وQ. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: ($Z_R$=239.13M) وبعد $X_R$ من P يساوي 66.26م وبعد $X_R$ من Q يساوي 6.26 متر والفرق بالمنسوب يساوي4.42م]

الفصل الرابع

# علم الفلك الحقلي Field astronomy

تستخدم الارصاد الفلكية عموما لايجاد زاوية سمت خط نسبة الى خط الزوال الحقيقي TRUE MERIDIAN ، ولايجاد خط عرض وطول نقطة. وبهذه الطريقة يمكن تعيين مواقع المسوحات وتثبيت اتجاهاتها على سطح الارض ، وتعيين مواقع نقاط الضبط للخرائط ذات المقياس الصغير ، والسيطرة على زاوية السمت في اعمال التضليع ذات المقياس الكبير.

## 1 – 4 المثلثات الكروية SPHERICAL TRIGONOMETRY

لاجل احتساب الارصاد الفلكية يتطلب الامر استخدام المثلثات الكروية. فالمثلث الكروي يعرف بوضوح اكثر بفرض الارض كرة تامة وباخذ خطوط على سطحها ، ومن المهم ان يفهم بانه يجب ان تكون كافة الاضلاع الثلاثة للمثلث الكروي اقواسا ،اي اجزاء من دوائر عظمى GREAT CIRCLES، و"الدوائر العظمى" هي تلك الدوائر التي يكون مركزها مركز الكرة الارضية ونصف قطرها مساويا لنصف قطر الارض، وهكذا يكون خط الاستواء كما تكون كافة دوائر خطوط الطول على سطح الارض دوائر عظمى ، بينما تكون كافة خطوط العرض المتوازية الاخرى "دوائر صغرى SMALL CIRC-LES". ففي (الشكل 4-1) إذن ، يكون المثلث(PAB) كرويا ولكن المثلث(PCD) ليس كرويا، ولما كانت الدوائرالعظمى هي دوائر باكبر نصف قطر فإن اقصر مسافة بين نقطتين على سطح الارض هي قوس من دائرة عظمى يصل بين هاتين النقطتين.

وكما في المثلثات المستوية ، فإن للمثلث الكروي ثلاثة اضلاع وثلاث زوايا ، والطريقة التي تعرف بها هذه الكميات هي كما يلي - انظر (الشكل 4-2):

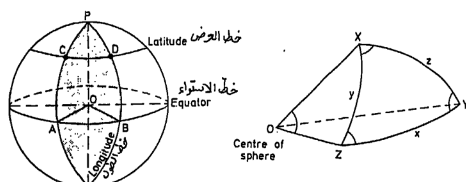
(A) تقاس الزوايا X وY وZ عموديا على المستويات المقابلة لها ، وليس من الضروري ان يكون مجموعها 180°،
(B) تعرف الاضلاع x و y و z بالزوايا التي تقابلها في مركزالكرة. وهكذا يكون "طول" الضلع y هوالزاوية(XOZ).

إن معادلات المثلثات الكروية التالية هي كل ما يحتاجه الطالب لحل المسائل الفلكية:

(1) إذا اعطيت ثلاثة اضلاع x و y وz(شكل 4-2) وطلب ايجاد الزوايا ، او إذا اعطي ضلعان والزاوية المحصورة وطلب

ايجاد بقية الاضلاع ، استخدم قانون جيب التمام :

$$\cos x = \cos y \cos z + \sin y \sin z \cos X \qquad \ldots(1\text{-}4)$$




شكل 4-1 شكل 4-2

(2) إذا أعطيت زاويتان وضلع مقابل وطلب ايجاد الضلعين الباقيين ، او إذا أعطي ضلعان وزاوية مقابلة وطلب ايجاد الزاويتين المقابلتين الباقيتين ، استخدم قانون الجيوب :

$$\frac{\sin X}{\sin x} = \frac{\sin Y}{\sin y} = \frac{\sin Z}{\sin z} \qquad \ldots(2\text{-}4)$$

(3) إذا أعطيت زاويتان وضلع محصور وطلب ايجاد ضلع،او إذا أعطي ضلعان والزاوية المحصورة وطلب ايجاد زاوية، إستخدم قانون الاربعة حدود FOUR PARTS RULE:

$$\sin X \cot Y = \sin z \cot y - \cos z \cos X \qquad \ldots(3\text{-}4)$$

(4) تستخدم قاعدة نابيير NAPIER'S RULE في حل المثلثات الكروية قائمة الزوايا (شكل A3-4)،فباستثناء الزاوية القائمة ، تعرف الاجزاء الخمسة الباقية بأنها الضلعان x و y اللذان يؤلفان طرفي الزاوية القائمة والثلاثة اجزاء المكملة الباقية.

يتم إدخال الاجزاء الخمسة بتسلسل باتجاه عقرب الساعة في الدائرة (شكل B3-4). فيمكن الان لاي جزء أن يعرف بأنه "الجزء الوسطي" والجزءان اللذان يقعان الى جانبيه بـ"الجزئين المجاورين" ثم الجزءان الباقيان بـ"الجزئين المقابلين". وعليه فإن قاعدة نابيير يمكن أن تكتب :

SIN(الجزء الوسطي)=(ضرب جيبي تمام الجزئين المقابلين) ...(4-4)

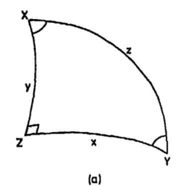
او : (ضرب ظلي الجزئين المجاورين)= ...(5-4)

أي :

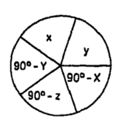
$$\sin(90° - X) = \cos x \cos(90° - Y) = \cos x \sin Y$$

او :

$$\sin(90° - X) = \tan y \tan(90° - z) = \tan y \cot z$$




(a)




(b)

شكل A3-4 شكل B3-4

يمكن أن تستخدم الثلاث معادلات الاولى ايضا اي (4-1 الى 4-3) لحل المثلث الكروي قائم الزاوية ، ولكن تطبيق قاعدة نابيير هي ابسط. وبنفس الطريقة يمكن تجزئة اي مثلث الى مثلثين قائمي الزاوية ويجري حلهما باستخدام قاعدة نابيير. ويمكن أن يؤدي تطبيق هذه المعادلات في حل المثلثات الكروية الى غوامض ، ومع ذلك عموما تعطى معلومات كافية تحدد موقع الجسم الفضائي المرصود لتمكن من حل هذه الغوامض .

سوف يجري الان توضيح تطبيق المثلثات الكروية على المسائل الهندسية غير الفلكية من خلال الامثلة المحلولة التالية:

## امثلة محلولة

مثال 4-1: من المقرر وضع قابلو لغواصة بأقصر مسار له من محطة M (خط عرض´55°34 جنوبا وخط طول´10°56 غربا) الى محطة أخرى T (خط عرض´56°33 جنوبا وخط طول´28°18 شرقا). بفرض أن الارض هي كرة بحيث أن31م على سطح الارض تقابل "1 من القوس عند مركزها ، اوجد:
(A) طول القابلو بالكيلومترات (بإهمال الفروقات بالمنسوب)(B) الاتجاه الذي يجب أن يشرع فيه قارب إرساء القابلو من M و(C) اقصى خط عرض الى الجنوب يتم الوصول اليه. (جامعة لندن)

الحل

راجع (الشكل 4-4):
طول الضلع(MP):
(خط عرض M مقاسا من القطب) $t=(90°-34°55')=55°05'$
طول الضلع(TP):
(خط عرض T مقاسا من القطب) $m=(90°-33°56')=56°05'$
الزاوية(MPT):
(الفرق بخطوط الطول) $P=(56°10'+18°28')=74°38'$
(A) بواسطة قانون جيب التمام: $\cos p = \cos t \cos m + \sin t \sin m \cos P$

$$= \cos 55°\,05' \times \cos 56°\,04' + \sin 55°\,05' \times \sin 56°\,05' \times \cos 74°\,38'$$

$$\therefore\ p = \cos^{-1} 0.499\,82 = 60°\,00' \quad \text{or} \quad 300°\,00'$$

إذن طول القابلو P :

$$p = 60° \times 3600 \times 31\ m = 6696\ km$$

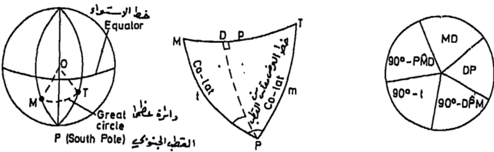
لاحظ جيدا : يتضح من الفرق بخطوط الطول بأن ′00°300 لا يمكن أن تكون القيمة المطلوبة.

(B)لايجاد الزاوية M ، استخدم قانون الجيوب:

$$\frac{\sin M}{\sin m} = \frac{\sin P}{\sin p} \qquad \therefore \sin M = \frac{\sin 56° 04' \times \sin 74° 38'}{\sin 60° 00'}$$

$$\therefore M = \sin^{-1} 0.923\,79 = 67° 29' \quad \text{or} \quad 112° 31'$$

إذن فالاتجاه الذي يجب ان يشرع به هو(S67°29′E).ويمكن حل الغموض اعلاه من حقيقة أن الزوايا الثلاث للمثلث يجب أن تجمع الى°180زائدا الزيادة الكروية SPHERICAL EXCESS وأن الزاوية فيTستكون مشابهة الى تلك الزاوية فيM. وحيث أن الزيادة الكروية لا يمكن ان تكون كبيرة فإن الزاوية لا يمكن ان تكون′112°31.




شكل 4-A4 شكل 4-B4 شكل 4-5

(C)في المثلث قائم الزاوية(MDP) ، من الضروري ايجاد الضلع(DP) ، اي أن الزاوية المتكونة في النقطة D الواقعة في اقصى الجنوب هي قائمة. فبإدخال المركبات في (الشكل 4-5):

$$\sin DP = \cos(90° - P\hat{M}D)\cos(90° - t)$$
$$= \sin P\hat{M}D \sin t = \sin 67° 29' \times \sin 55° 05'$$
$$\therefore DP = \sin^{-1} 0.757\,48 = 49° 14' \quad \text{or} \quad 130° 46'$$

اي أن (DP) هو خط عرض D مقاسا من القطب ، اي :
[(خط عرض D) - °90=] وهو بديهيا ′49°14 .

إذن اقصر خط عرض الى الجنوب هو:
=(90°−49°14′)S=40°46′S

مثال 4-2: للمحطات الثلاث A وO وC المناسيب 646.2 متر و457.2 متر و364.2 متر على التوالي. و السيكستانت يسجل الزاوية(AOC) كـ "20′20°55. فإذا كانت المسافة من A الى O هي 405.4 م ومن O الى C هي 731.5 م مقاسة أفقيا لكليهما. اوجد الفرق بالسمت بين الخطين (OA) و (OC).
(جامعة لندن)

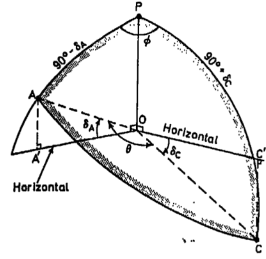
الحل

قد يتذكر من "المسح الهندسي/الجزء الاول" بأن السيكستانت يقيس الزاوية في المستوي (AOC) ، أي أن $\theta$ تساوي طول الضلع (AC) في المثلث الكروي (APC) (شكل 6-4).

بأخذ O كنقطة إسناد يمكن احتساب الزاويتين ($\delta A$) و ($\delta C$)، وهكذا يستخرج طولا الضلعين الباقيين (AP)و(PC). والزاوية المطلوبة من حل المثلث الكروي هي $\phi$ وهي الزاوية الافقية بين المستويين (AOP) و(COP) ، وهذه الزاوية هي التي يجب الحصول عليها بالمزواة. وهكذا:

$$AA' = (646.2 - 457.2) = 189.0 \text{ m} \qquad CC' = (457.2 - 364.2) = 93.0 \text{ m}$$

$$\therefore\ \delta A = \tan^{-1}\left(\frac{189.0}{405.4}\right) = 24°\ 59'\ 43'' \qquad \delta C = \tan^{-1}\left(\frac{93.0}{731.5}\right) = 7°\ 14'\ 44''$$




شكل 6-4

وبواسطة قانون جيب التمام:

$$\cos P = \frac{\cos AC - \cos(90° - \delta A)\cos(90° + \delta C)}{\sin(90° - \delta A)\sin(90° + \delta C)}$$

$$= \frac{\cos(55°\ 20'\ 20'') - \cos(65°\ 00'\ 17'')\cos(97°\ 14'\ 44'')}{\sin(65°\ 00'\ 17'')\sin(97°\ 14'\ 44'')}$$

$$\therefore\ \cos P = 0.691\,813$$

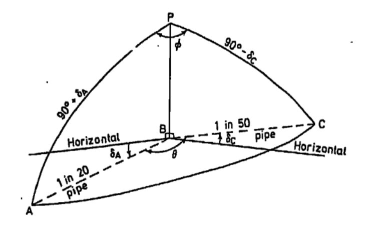
لاحظ جيدا بأن: $\cos 97°14'44'' = -\cos 82°45'16''$
وهكذا تتغير الاشارة في المعادلة اعلاه.

$$\therefore\ P = 46°13'34''$$

والقيمة المحتملة الاخرى لـ P تقع في الربع الرابع وهي طبعا غير مقبولة.

مثال 4-3: المطلوب مد خط أنبوب (شكل 4-7) بين ثلاثة اوتاد A وB وC على الارض ، وكان المفروض أن يمد الانبوب بميلين صاعدين مقدارهما 1 الى 20 من A الى B و 1 الى 50 من B الى C. وقد قيست الزاوية الافقية (ABC) بجهاز مزواة

فكانت "30´30°45. إحسب الزاوية التي يجب إحناء الانبوب خلالها. (بوليتكنيك كنكزتون)




شكل 4-7

الحل

إن هذا المثال هو في الواقع عكس المثال السابق. ففي هذه الحالة؛ الزاوية الافقية φ هي المعروفة والمطلوب ايجاد الزاوية θ.

$$\delta A = \cot^{-1} 20 = 2°\,51'\,45'' \qquad \delta C = \cot^{-1} 50 = 1°\,08'\,45''$$

وبواسطة قانون جيب التمام:

$$\begin{aligned}\cos AC &= \cos AP \cos PC + \sin AP \sin PC \cos P\\ &= \cos(90° + \delta A)\cos(90° - \delta c) + \sin(90° + \delta A)\sin(90° - \delta c)\cos\phi\\ &= \cos 92°\,51'\,45'' \times \cos 88°\,51'\,15'' + \sin 92°\,51'\,45'' \times \sin 88°\,51'\,15''\\ &\qquad \times \cos 45°\,30'\,30''\\ &= -0.000\,999 + 0.699\,792 = 0.698\,793\end{aligned}$$

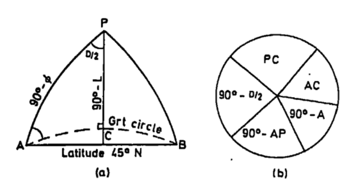
∴ ((AC)الضلع) = θ = 44° 40´12" (زاوية إنحناء الانبوب)

مثال 4-4: إشرح لماذا تبحر السفينة- التي تروم السفر بين مرفأين في البحر - على قوس الدائرة العظمى التي يقع عليها المرفأين.

إذا ابحرت سفينة على الدائرة العظمى التي تصل بين موقعين خط عرض كل منهما 45° شمالا ، بين بأن اعلى خط عرض L يمكن أن تصل اليه السفينة خلال إبحارها يعطى من (COT L =COS(D/2)) ، حيث أن D هي الفرق بين خطي طول الموقعين.

اوجد اقصر مسافة تقاس على سطح الارض بين مدينة نيويورك (خط عرض´35 °40 شمالا وخط طول´00 °74 غربا) وكيب تاون (خط عرض´56 °33 جنوبا وخط طول´26 °18 شرقا). علما بأنه يمكن اعتبار أن نصف قطر الارض هو 6370 كم.
(جامعة لندن)

الحل




شكل 4-8

إن سبب سلوك السفينة قوس الدائرة العظمى التي يقع عليها المرفأين عادة هو أن الدائرة العظمى لها أكبر نصف قطر وبذلك فهي أقصر مسافة بين النقطتين، فبواسطة قاعدة نابيير في (الشكل 4-8):

$$\sin(90° - D/2) = \tan PC \times \tan(90° - AP)$$

ولكن :

$$PC = (90° - L) \text{ and } AP = 45°$$

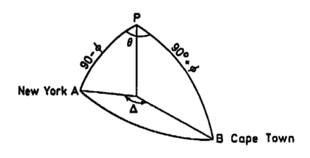
$$\therefore\ \cos(D/2) = \tan(90° - L)\tan 45° = \cot L$$

من خطوط العرض والطول المعطاة لكلا الموقعين يمكن الحصول على ضلعين وزاوية محصورة للمثلث الكروي (APB) في (الشكل 4-9) والمطلوب احتساب الضلع (AB).

$$\theta = (74°\ 00' + 18°\ 26') = 92°\ 26'$$
$$AP = (90° - 40°\ 35') = 49°\ 25'$$
$$BP = (90° + 33°\ 56') = 123°\ 56'$$

وبواسطة قانون جيب التمام:

$$\cos AB = \cos 49°\ 25' \times \cos 123°\ 56' + \sin 49°\ 25' \times \sin 123°\ 56' \times \cos 92°\ 26'$$
$$\therefore\ \cos AB = -0.389\ 908$$
$$\therefore\ AB = -67°\ 03'\ 04'' = 112°\ 56'\ 56'' = \Delta$$




شكل 4-9

إذن أقصر مسافة بين مدينتي نيويورك وكيب تاون: $= R\Delta$ rad

$$\therefore\ R\Delta = \frac{6370 \times 406\ 616''}{206\ 265} = 12\ 557 \text{ km (كم)}$$

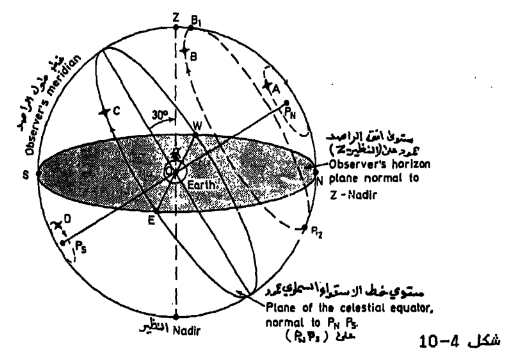
لاحظ بأن زاوية قطرية واحدة (1 RAD) تساوي "206 265.

## 4-2 تعاريف لمصطلحات علم الفلك

من المهم جدا ان يعود القارئ نفسه على التعاريف التالية ويفهمها جيدا.

### (1) القبة السماوية CELESTIAL SPHERE

هذه هي القاعدة الاولى والاساسية في علم الفلك (شكل 4-10)، حيث يفترض بأن الارض ثابتة وواقعة في مركز كرة ذات نصف قطر غير متناه، وهذه تسمى "القبة السماوية". ويفترض بأن كافة الاجسام السماوية مثبتة على سطحها وهي تدور ظاهريا من الشرق الى الغرب (باتجاه عقرب الساعة إذا نظر باتجاه الجنوب بالنسبة لنصف الكرة الشمالي).




شكل 4-10

### (2) القطبان السماويان CELESTIAL POLES ودائرة الاستواء السماوية CELESTIAL EQUATOR

القطبان السماويان $P_N$ و $P_S$ في (الشكل 4-10) هما ببساطة يمثلان إمتدادي قطبي الكرة الارضية الشمالي والجنوبي، بينما تكون دائرة الاستواء السماوية إمتدادا لخط الاستواء الارضي، ومن ذلك ينتج بأن مركز الكرة الارضية O هو ايضا مركز القبة السماوية.

### (3) السمت (Z) ZENITH

يبين (الشكل 4-10) راصدا على سطح الارض بخط عرض 30° شمالا. فإذا مد خط الشاقول المتجه الى مركز الارض (باتجاه الجاذبية الارضية) الى الاعلى فسوف يقطع القبة

السماوية في Z ، وهذا هو موقع الراصد على القبة السماوية.

أما إذا مد هذا الخط الى الاسفل فسوف يقطع القبة السماوية في "النظير NADIR" للراصد ويمكن إهمال هذا التعبير فيما بعد.

(4)مستوي الافق HORIZON PLANE (NESW)

إن هذا المستوي هو عمودي على سمت الراصد (شكل 4-10) مارا بمركز الارض. وحيث أن حجم الارض صغير جدا بالنسبة لحجم القبة السماوية ، يمكن إعتبارها كأنها نقطة O. وهكذا يمكن إعتبار أن أفق الراصد هو المستوي الذي تقاس منه الزوايا الشاقولية الى الاجسام السماوية بواسطة المزواة.

(5)خطوط الطول(الزوال)السماوية CELESTIAL MERIDIANS

تفهم دوائر خطوط الطول السماوية بسهولة اكثر إذا أعتبرت بأنها امتدادات لدوائر خطوط الطول على سطح الارض. وفي(الشكل 4-10)؛(SZN) يمثل خط الزوال السماوي للراصد ، ويدون مستوي دائرة خط الزوال السماوي دائما عموديا على مستوي أفق الراصد،في حين عندما تمر دائرة خط الزوال السماوي من نجم او جرم سماوي آخر تدعى عموما "دائرة ميل DECLINATION CIRCLE" النجم.

(6)الشاقول الرئيس PRIME VERTICAL

إن خط الاستواء السماوي يقطع مستوي الافق في نقطتي الجهتين الاصليتين الشرق E والغرب W. فدائرة خط الزوال السماوية المارة بـ(EZW)تسمى"الشاقول الرئيس"

(7) العبور TRANSIT او التكبد CULMINATION

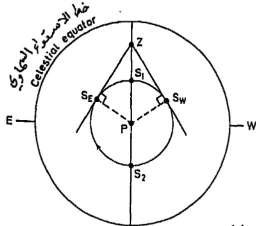
يظهر (الشكل 4-10) اربعة نجوم A وB وC وD تدور من الشرق الى الغرب حول المحور القطبي. فإذا نظر الى هذه النجوم من خارج القطب الشمالي السماوي $P_N$ ستظهر حركة النجوم باتجاه عقرب الساعة ، وستكون هذه الحركة بعكس اتجاه عقرب الساعة عندما ينظر اليها من خارج القطب السماوي الجنوبي $P_S$. إن النجم A الذي يقع على بعد عدة درجات فقط من القطب يقطع دائرة صغيرة تكون بكاملها فوق دائرة خط طول الراصد فهو إذن يشاهد لمدة 24ساعة باليوم. أما النجمان B وC فلفترة ما من اليوم يغيبان تحت مستوى أفق الراصد ، وهما إذن غير منظورين خلال هذه الفترة ، بينما لايكون النجم D مرئيا بالنسبة للراصد الذي هو في نصف الكرة الشمالي بتاتا . وتسمى النجوم التي هي مثل A والتي لا تغيب ابدا "الخسان او (النجوم القريبة من القطب CIRCUM-POLAR STARS".

فإذا اخذنا النجم B ؛ عندما يصل الى دائرة خط طول الراصد في$B_1$ يقال بأنه قد "تكبد "CULMINATE (اي وصل الى اعلى ذروته) او "عبر "TRANSIT (هنالك فرق بسيط جدا بين المصطلحين وهذا يمكن إهماله ، ويفضل استخدام المصطلح الثاني "عبر"فيما بعد). وعندما يعبر النجم دائرة خط الطول من الشرق الى الغرب -كما في$B_1$- يسمى هذا "العبور العلوي UPPER TRANSIT" وعندما يكون العبور من الغرب الى الشرق يسمى "العبور السفليLOWER TRANSIT" كما في $B_2$.

(8)الاستطالة ELONGATION

إذا نظر الى القبة السماوية في(الشكل 4-10)من الخارج من خلال القطب فستظهر كما في (الشكل 4-11) ، وسيظهر النجم S بأنه يتحرك باتجاه عقرب الساعة حول القطب P، وعند$S_W$ فإنه سيصل الى اكبر مسافة زاوية-ANGULAR DIST ANCE من دائرة خط طول الراصد(PZ). وفي هذا الموقع يقال بأنه في "إستطالة" ، وسيكون الراصد في هذه اللحظة من Z المثلث قائم الزاوية الكروي ($PZS_W$) . وعندما يكون النجم في نصف الكرة الغربي يقال بأنه في "إستطالة غربية "WESTERN ELONGATION"،وحركته المستمرة حول القطب ستؤدي به الى ان يكون في "إستطالة شرقية EASTERN ELONGATION" عند $S_E$.

عندما يكون النجم في $S_1$ في نفس جهة الراصد من القطب يكون في عبور علوي، وفي $S_2$ يكون في عبور سفلي (انظر $B_1$ و $B_2$ في (الشكل 4-10)). وبالرجوع الى(الشكل 4-14) يمكن رؤية انه إذا كانت ( $\delta$ < $\phi$ ) فإن النجم سيدور حول P وZ مما يجعل الحصول على نظرة تماس TANGENTIAL SIGHT من خلال دائرة حركة النجم أمرا مستحيلا .




شكل 4-11

الخلاصة

لاجل الايجاز ، يمكن إثبات ان القبة السماوية تحوي منظومة من خطوط دائرية متوازية ودوائر خطوط طول تشبه

خطوط العرض وخطوط الطول على الارض تماما . كذلك فإن دوائر الميل للنجوم وسمت الراصد هي مشابهة الى خطوط الطول ، والدوائر الصغيرة التي تدورها النجوم هي مشابهة الى متوازيات خطوط العرض . إن هذه الحقائق مهمة جدا عند دراسة الموقع الاحداثي للنجم.

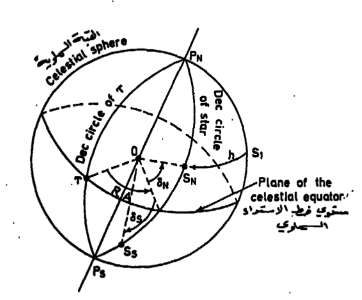
## 1-2-4 منظومات الاحداثيات السماوية

## Celestial co-ordinate systems

### (1) الميل DECLINATION والمطلع المستقيم RIGHT-ASCENSION

بنفس الطريقة التي يمكن فيها تثبيت موقع على سطح الارض من خط عرضه وطوله ، هكذا يمكن تعيين موقع نجم على القبة السماوية من ميله $\delta$ ومطلعه المستقيم (RA).

يمكن الاثبات - من <الشكل 12-4> - ان ميل النجم يقاس من مستوى خط الاستواء السماوي وعلى قوس دائرة خط الطول او على دائرة ميل النجم موضوع البحث . فهو مشابه لخط العرض على الارض ، وهكذا فان الميول تقاس الى شمال والى جنوب خط الاستواء. وعليه يكون القوس ($P_N S_N$) هو الميل المقاس من القطب CO-DECLINATION للنجم. ويساوي ($90° - \delta_N$). فإذا كان الميل $\delta_S$ جنوبا فإن الميل المقاس من القطب ($P_N S_S$) سيكون مساويا ($90° + \delta_S$). ومن السهل رؤية ان الحالة هي العكس في نصف الكرة الجنوبي.




شكل 12-4

حيث قد تم تثبيت موقع النجم على دائرة الميل فإن موقع الدائرة نفسها يحتاج الى تثبيت ، وهذا يتم من خلال المطلع المستقيم RIGHT-ASCENSION(RA) وهي الزاوية الافقية بين دائرة لإسناد REFERENCE CIRCLE ودائرة الميل موضوعة البحث <شكل 12-4> وهو مشابه الى خط الطول على الارض. اما النقطة المختارة كنقطة إسناد

على القبة السماوية فتسمى "نقطة برج الحمل الاولى (♈) FIRST POINT OF ARIES وهي نقطة وهمية تماما. أما عند الاعتدالين الربيعي والخريفي فالشمس تكون فوق خط الاستواء مباشرة، فالخط الواصل بين مركز الارض ومركز الشمس في هاتين الفترتين سيقطع خط الاستواء في ♈. والمطلع المستقيم يقاس بالاتجاه المعاكس لحركة النجوم من 0° الى 360° او من 0 ساعة الى 24 ساعة.

مما يجب ملاحظته هو انه لايمكن قياس الميل والمطلع المستقيم من قبل الراصد، ولكن يمكن الحصول عليهما من احدث نشرة لـ "التقويم النجمي للمساحين STAR ALMANAC FOR LAND SURVEYORS" من مكتبة (صاحبة الجلالة ملكة بريطانيا) التي تصدر سنويا.

(2) زاوية الساعة ومنظومة الميل
HOUR-ANGLE AND DECLINATION SYSTEM

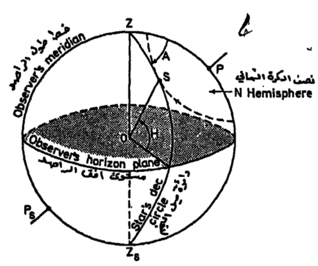
يتم الحصول على منظومة أخرى من الاحداثيات بتعويض زاوية الساعة(h) للنجم بدلا من المطلع المستقيم(RA) في (1). فزاوية الساعة للنجم هي الزاوية بين دائرة ميل الراصد ودائرة ميل النجم. ففي (الشكل 4-12)، إذا أخذت ( $P_N S_1 P_S$ ) كدائرة ميل الراصد فإن النجم سيعبر في $S_1$، وستكون h زاوية الساعة 0 درجة او 0 ساعة، وعندما يصل النجم $S_N$ سيكون لـ(h) قيمة ولتكن 45° او 3 ساعة الى غرب دائرة خط طول الراصد. وهذه تقاس إعتياديا بوحدات من الزمن الى شرق او الى غرب دائرة خط طول الراصد. فمثلا h التي تساوي 3 ساعة شرقا ستعادل 21 ساعة مقاسة باتجاه حركة النجم. وأن ما يجب ملاحظته بدقة هو أن قياس زاوية الساعة يبدأ من العبور العلوي UPPER TRANSIT وأن العبور العلوي يحدث عندما يكون النجم بنفس جهة القطب كمثل سمت الراصد.

(3) منظومة الارتفاع والسمت
ALTITUDE AND AZIMUTH SYSTEM

إن المنظومة الاخيرة لتعيين موقع النجم هي منظومة قياس مباشرة لارتفاعه H وسمته A (شكل 4-13). فارتفاع النجم S هو الزاوية الشاقولية H المقاسة من مستوى أفق الراصد باتجاه دائرة إنحراف النجم. فالقوس(ZS) هو إذن الارتفاع المقاس من القطب CO-ALTITUDE للنجم ويساوي (90° - H).

أما سمت النجم فهو الزاوية(PZS). وقد يفضل الطالب تخيل أن الراصد في Z وهو ينظر باتجاه الشمال الحقيقي في P، فسيكون السمت هو الاتجاه الزاوي(ZS) ويساوي(A°)، لان السموت تقاس باتجاه عقرب الساعة من الشمال. اي أن اتجاهها الزاوي الربعي QUADRANT BEARING هو شمال-شرق. فلو كان النجم في الجهة الثانية من دائرة خط طول الراصد فإن اتجاهه الزاوي الربعي سيكون شمال - غرب وسمته (360°-A°).

أما الراصد الذي في نصف الكرة الجنوبي ($Z_S$) الذي ينظر باتجاه القطب الجنوبي ($P_S$) فإنه سوف ينظر باتجاه الجنوب ، اي 180°. وهكذا سيكون للنجم في S الذي في الشرق سمتا مقداره (A−180°) بينما سيكون السمت للنجم الذي في الغرب (180°+A).




شكل 4-13

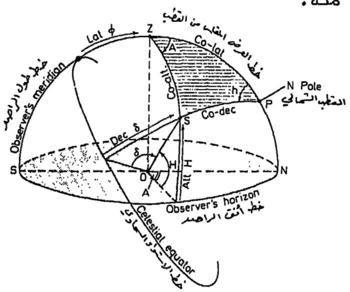
## 4-2-2 المثلث الفلكي The astronomical triangle

سيكون القارئ الآن في موقف يستطيع فيه تصور مكونات المثلث الفلكي كما هو مبين في (الشكل 4-14).

لتسهيل فهم المثلث يجب ان يتذكر القارئ بأن سمت الرأس Z وأفق الراصد يؤلفان زوجا ، بينما يؤلف القطب P وخط الاستواء زوجا ايضا. وهكذا إذا اخذنا الخط (ZS) حيث أن Z هي ظاهرة فإن أفق الراصد يجب أن يكون ظاهرا ايضا ، ومن الافق الى S هو الارتفاع المقاس وعليه، يكون (ZS) هو "الارتفاع المقاس من القطب" (90° − H). وبنفس الطريقة بالنسبة لـ(PS)، حيث أن P هي ظاهرة ، فإن خط الاستواء يجب أن يكون ظاهرا ايضا. والجزء المقاس من خط الاستواء الى S هو الميل DECLINATION. إذن (PS) هو "الميل المقاس من القطب" (90° − δ). وأخيرا مع (ZP) فالجزء بين خط الاستواء والراصد فيZ هو بالطبع خط عرض وهكذا يكون (ZP) هو "خط العرض المقاس من القطب" (90° − H). ونفس الشيء مع (PS) ، فحيث تكون P ظاهرة يجب أن يكون خط الاستواء ظاهرا ايضا. والجزء المقاس من خط الاستواء الى S هو الميل ، وهكذا يكون (PS) هو "الميل المقاس من القطبCO-DEC" (90° −δ).واخيرا مع(ZP)؛ فالجزء من خط الاستواء الى الراصد في Z هو بالطبع خط عرض وهكذا فإن (ZP) هو"خط العرض المقاس من القطب CO-LAT" (90° −φ).أما الجزئين الباقيين فقد تم تعريفهما ، حيث أن A هي زاوية سمت النجم وهي دائما في Z. وزاوية

الساعة h هي دائما في P. ويمكن إثبات أن S هي الى شرق (ZP) ، وهكذا يكون سمتها الى الشرق من (ZP) وزاوية ساعتها h هي الى الشرق من (PZ).

يتألف علم الفلك الحقلي - أساسا - من معرفة أجزاء وافية من المثلث الفلكي ليسمح باحتساب الاجزاء الباقية منه.




شكل 4-14

## 4-3 الوقت في علم الفلك . TIME IN ASTRONOMY

إذا قيس ارتفاع نجم فإن هذا الارتفاع يكون ثابتا فقط في لحظة قياسه. ومن هذا يتضح بأنه يجب تسجيل هذا الوقت. فيقاس الوقت في المملكة المتحدة بموجب "متوسط وقت كرنج (GREENWICH MEAN TIME (GMT" او كما يسمى الان بـ"الوقت العالمي (UNIVERSAL TIME (UT". مع ذلك فحركة النجوم تقاس بـ"الوقت النجمي(SIDEREAL TIME(ST" بينما تقاس الشمس الحقيقية بالوقت الظاهري(APPAR-(AT ENT TIME". وسيتم البحث في هذه منظومات التوقيت بالتفصيل لمحاولة توضيح هذا الموضوع.

إن استخدام جهاز مذياع RADIO من نوع جيد لاستلام دقات توقيت كرنج هو مهم جدا في اعمال الارصاد الفلكية. ففي الوقت الذي تكون فيه دقات كرنج مميزة بوضوح في المملكة المتحدة ، يجب أن يكون المذياع قادرا على استلام إشارات توقيت المذياع المبثة من المحطات في مختلف انحاء العالم بوضوح.

تقوم الساعة الذرية الكوارتز بتسجيل الوقت بدرجة ضبط ACCURACY اعلى من واحد بالالف من الثانية باليوم، وعليه فهي تستخدم لاعطاء الوقت العالمي ومعايير التردد. مع ذلك فهذه هي دقة التوقيت الذري التي تختلف عن التوقيت العالمي (UT) المبني على دوران الارض غير

المنتظم قليلا ، لكنه مع ذلك يؤلف اساسا للارصاد الفلكية. تكون إشارات الوقت المستلمة بالمذياع بموجب التوقيت الذري المصحح تقريبيا الى التوقيت العالمي UT بفترات زمنية متوالية مقدارها ثانية كبيسة واحدة تماما . والتصحيح المطبق هو الثانية الاخيرة ليوم الثلاثين من حزيران او الواحد والثلاثين من كانون الاول (ديسمبر) وحسبما هو ملائم. وتسمى إشارة الوقت الناتجة المبثة بـ "التوقيت العالمي الموحد (UTC) CO-ORDINATED UNIVERSAL TIME" . واكبر فرق بين الـ (UT) والـ (UTC) سوف لن يزيد على 0.7 ثانية .

إن الفرق المذكور اعلاه بين الـ (UT) والـ (UTC) يدعى بـ (DUT1) وهذا يبث بدليل CODE بسيط بجانب إشارات الوقت ، وباستخدام هذا الدليل يتمكن المساح من الحصول على التوقيت العالمي الى اقرب 0.1 ثانية. وللحصول على درجات ضبط اعلى يجب الرجوع الى [نشرات إعلان الوقت TIME SERVICE CIRCULARS] التي تصدر اسبوعيا عن مرصد كرنج الملكي ROYAL GREENWICH OBSERVATORY حيث يعطى الفرق بالمليثانية (اي بالواحد من الالف من الثانية). ويمكن الحصول على معلومات مماثلة من مكتب التوقيت العالمي BUREAU INTERNATIONAL DEL'HEURE(BIH)

فكما اشير اليه اعلاه فإن: $UT = UTC \pm DUT1$
حيث يشار الى الـ (DUT1) بتاكيد إشارات سبع ثواني متتالية بعد إشارة الدقيقة.

للتصحيح الموجب: $...(1 < n < 7)$ $DUT1 = (n \times 0.1) SEC$
وللتصحيح السالب: $...(9 < m < 15)$ $DUT1 = (m \times 0.1) SEC$

اي ان القيمة السالبة يشار اليها بتاكيد الثانية التاسعة الى الثانية الـ (8 + m).

اما طريقة التاكيد فتكون بمد او مضاعفة او تجزئة او تغيير نبرة الاشارة. فإذا كانت (DUT1) تساوي صفرا ، فسوف لن يكون بالطبع هنالك إشارات مؤكدة للثوان . يستخدم بث المملكة المتحدة من منطقة ركبي RUGBY [إشارات (MSF) على تردد 2.5 ميكاهيرتز وطول موجة 120 متر] نبضات مضاعفة تنحصر باول 15 إشارة للثواني من كل دقيقة وبحد اعلى مقداره 7 في اي وقت . ومما يجب فهمه هو ان منظومة الدلالة CODING SYSTEM اعلاه تنطبق فقط على إشارات الوقت الاساسية وليس على المنظومات الثانوية كالهواتف .

وهكذا عند رصد نجم فإن الراصد يحتاج الى التوقيت العالمي (UT) للحظة عبور النجم شعرة المزواة المتقاطعة . وللحصول على ذلك يحتاج الراصد الى ميقت CHRONOMETER ربما من النوع البلوري QUARTZ. فباللحظة التي ينصف الجسم بالشعرة تشغل ساعة التوقيت STOPWATCH ومن ثم يتحرك الراصد الى الميقت، وبلحظة اخذ القراءة توقف ساعة التوقيت . وهكذا يكون الوقت بموجب الميقت

في اللحظة التي نصفها الراصد النجم مساويا :

(الفترة الزمنية المقاسة - (الوقت بموجب الميقت) =
بساعة التوقيت)

ثم من مذياعه يحصل الراصد على الوقت العالمي ( UT = UTC ± DUT1 ) في لحظة البث للمقارنة مع الميقت.
واي فرق بين الاثنين هو "خطأ الميقت" "CHRONOMETER ERROR"
الذي يطبق على الوقت المأخوذ من الميقت لتلك الرصدة للحصول على الوقت العالمي (UT) المقابل له . اي :

(الفترة الزمنية المقاسة - (الوقت حسب الميقت) = UT
(خطأ الميقت) ± (بساعة التوقيت

وتتبسط مسائل الوقت كثيرا باستخدام مخطط الوقت TIME DIAGRAM. فعند تصميم (الشكل 4-11) بتبين بأن تحريك Z الى خارج الدائرة لايغير خط الزوال (PZ) بأي شكل .
وبنفس الطريقة فإن تحريك النجم $S_W$ الى المحيط على الخط ($PS_W$)) سوف لن يغير إتجاه النجم من P . وهكذا يمكن إنشاء مخطط وقت بـP في المركز والاجسام السماوية - بضمنها ♈ - على المحيط . ويمكن تسمية خطي زوال الراصد وكرنج على المحيط بـ Z و G على التوالي .

## 4-3-1 اليوم النجمي Sidereal day

يبدأ اليوم النجمي عند اي خط زوال عندما تكون اول نقطة لبرج الحمل(♈) في عبورها العلوي هناك ، اي انها في الساعة صفر(0h) بموجب الوقت النجمي المحلي (LST) LOCAL SIDEREAL TIME . فإذا كان خط الزوال موضوع البحث هذا هو كرنج فإن الوقت سيكون الساعة صفر (0h) بموجب وقت كرنج النجمي GPEENWICH SIDEREAL TIME(GST).
والان يتحرك ♈ باتجاه عقرب الساعة حول خط الاستواء (لنصف الكرة الشمالي) راجعًا الى العبور العلوي بعد فترة 24 ساعة نجمية . وهكذا فإن اليوم النجمي هو الفترة بين عبورين متتاليين لـ ♈ .

يشير (الشكل 4-15) الى كيف ان ♈ يعرّف الوقت النجمي المحلي نسبة الى خط زوال الراصد (PZ). وتضاف الان دائرة ميل النجم (PS) معرفة بذلك موقع النجم ، والزاوية (ZPS) هي زاوية الساعة (HA) الغربية للنجم.
اما الزاوية من ♈ الى S مقاسة عكس اتجاه عقرب الساعة فهي من المطلع المستقيم (RA) . وهكذا يمكن رؤية ان الوقت النجمي يساوي :

$$= HA + RA \qquad ...(6-4)$$

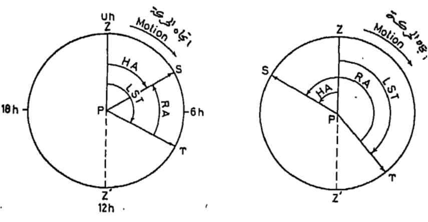
وعندما يكون النجم في العبور العلوي فإنه سيكون على (PZ) . إذن :

(المطلع المستقيم للنجم)=(الوقت النجمي للعبور) (7-4)

يبين <شكل 4-16> بوضوح بأنه عندما تكون زاوية الساعة للنجم (HA) شرقا فإن :

$$LST = RA - HA \qquad \ldots \langle 8-4 \rangle$$

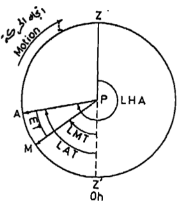
ولا داعي لحفظ هذه المعادلات عن الغيب إذا تم فهم التعاريف المشار اليها اعلاه جيدا وإذا استخدم مخطط الوقت .




شكل 4-15 شكل 4-16

## 4 – 3 – 2 اليوم الشمسي Solar day

يمكن تعريف "اليوم الشمسي الظاهري APPARENT SOLAR DAY" بنفس الطريقة ، بأنه الفترة الزمنية بين عبورين علويين متتاليين لـ"الشمس الحقيقية ACTUAL SUN (A)". مع هذا فعندما تكون الشمس في عبورها العلوي نسميه ظهرا او (12H) ، وهكذا سيتطلب هذا قياس بداية اليوم الشمسي في الساعة صفر (OH) من الجهة المقابلة لخط زوال الراصد على الكرة الارضية ، اي Z′ . وهذا هو مهم جدا ويجب ملاحظته بعناية . (يجب التمييز بين <الشكل 4-15> بوقت نجمي مقداره (OH) في Z و<الشكل 4-17> بوقت شمسي مقداره (OH) في Z′) .




شكل 4-17

تكون حركة الشمس الحقيقية غير منتظمة لاسباب متعددة ، ويؤدي استخدامها في ضبط الوقت الى حدوث ايام مختلفة الاطوال، ولهذا السبب فقد وجدت فكرة "الشمس المتوسطة MEAN SUN (M)" التي تدور حول خط الاستواء بمعدل ثابت ، وعليه فإنها تعبر اي خط زوال بفترة زمنية واحدة. وتسمى الفترة الزمنية بين عبورين

متتاليين للشمس المتوسطة من على خط الزوال في الجهة المقابلة ANTIPODAL " متوسط اليوم الشمسي MEAN SOLAR DAY " .

يبين <الشكل 4-17> "متوسط الوقت المحلي (LMT)" و "الوقت الظاهري المحلي (LAT)" ، مقاسان كلاهما من الجهة المقابلة للراصد باتجاه حركة الشمس . مع هذا ، فإنه من المهم ملاحظة أن "زاوية الساعة المحلية(LHA)" تبقى تقاس من خط زوال الراصد وكما هو مبين . ولاجل تثبيت موقعM نسبة الى A ، تستخدم الفترة الزمنية بين متوسط الوقت والوقت الظاهري والتي تسمى بـ "معادلة الوقت (ET) EQUATION OF TIME" ، وهكذا من التعريف ؛

$$ET = LMT - LAT \qquad ...\langle 9\text{-}4\rangle$$

فإذا كانت (LMT) تساوي (4H)مثلا و(LAT) تساوي (4H10M) فإن (ET) تساوي (10-) دقيقة مما يشير الى أن M هي وراء A بـ 10 دقائق . ويتغير موقع A نسبة الى M خلال السنة وهذا ما يؤدي الى أن (ET) تقع بين القيمتين الكبرتين (+14M 20S) و (-16M 20S) . ولتجنب استخدام الاشارات الموجبة والسالبة يقوم التقويم النجمي بإحلال كمية تدعى (E) محل (ET) بحيث ؛

$$E = 12H - ET \qquad ...\langle 10\text{-}4\rangle$$

وعليه ، يكون في هذه الحالة ؛ E =12H-(-10M)=12H 10M
إن ما يمكن رؤيته بوضوح من الشكل هو أن ؛

$$LHA = LMT + 12H - ET = 4H + 12H -(-10M)= 16H\ 10M$$

$$\therefore LHA = LMT + E \qquad ...\langle 11\text{-}4\rangle$$

من الملائم هنا أن نذكر الكمية R المشابهة لـ E والمدرجة ايضا في "التقويم النجمي" ، ويمكن أن تعرف من ؛

$$R = RAMS \pm 12H \qquad ...\langle 12\text{-}4\rangle$$

حيث أن (RMAS) هو "المطلع المستقيم للشمس المتوسطة. وتستخدم هذه الكمية لربط لحظات متوسط الوقت بالوقت النجمي او العكس بالعكس ، وهذا موضح بـ<الشكل 4-18>. فافترض مثلا أن (LMT) تساوي (4H) و R تساوي (18H) ، وهكذا فمن <المعادلة 4-12> تكون (RAMS) مساوية (6H). وعليه فإن (Z′M = 4H) تثبت موقع M . ولما كان (RA) مقاسا بعكس اتجاه عقرب الساعة من ϒ فإن ϒ يكون ثابتا بالنسبة الى M في تلك اللحظة . وهكذا يكون من السهل رؤية أن(LST) والتي هي بالحقيقة(LHA)لـϒ تساوي(22H). وهذا يجب أن يعبّر عنه بأسلوب افضل بالشكل التالي ؛ (LST) عند (4H LMT) يساوي (22H) .

وهذا المثال يشير الى أن ؛

$$LST(\,(LHA\,ϒ)\text{وا}) = LMT + RAMS + 12H = LMT + R \qquad ...\langle 13\text{-}4\rangle$$

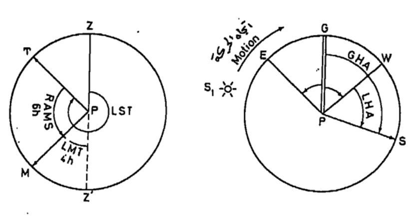
عند ايجاد (RAMS) من R يفضل عموما جمع (12H) عندما تكون( R<12H ) وطرح (12H) عندما تكون ( R>12H ) . إن

هذا في الحقيقة غير مهم ، فمثلا ، إذا كانت ( R=11H ) فإن (RAMS=11 + 12 =23H) او(11-12 = -1H =24-1=23H). وحيث أن الوقت السالب هو مجهول فمجرد جمع (24H) سيعطي النتيجة الصحيحة .

إن ما يجب على الطالب ملاحظته هو أن إدخال خط زوال كرنج سوف لن يغير من الطريقة الرئيسية بأي حال من الاحوال . فلو كان خط الزوال المحلي (ZZ′) هو خط زوال كرنج (GG′) في (الشكل 4-18) فإن (المعادلة 4-13) ستكتب :
GST = GMT + R
والتي قد تكون اكثر ملائمة، حيث أن R هي مجدولة مقابل (GMT(UT)) في "التقويم النجمي STAR ALMANAC" .

## 4-3-3 تأثير خط الطول على الوقت

لاجل نفي الحاجة الى المعادلات، على الطالب استخدام مخيلته على النحو التالي : تصور بأنك في مركز القبة السماوية P ناظرا الى الخارج باتجاه خط زوال كرنج G (شكل 4-19) . وأن الشمس S تقترب من خط الزوال E شرق كرنج ، فعندما تكون الشمس فوق الرأس في E يكون الوقت ظهرا هناك ، ولم تصل بعد خط زوال G اوW ، وهكذا يكون الوقت هناك لايزال الصباح الباكر . بالحقيقة إذا كان خط طول E يساوي°45 شرقا وخط طول W يساوي°30 غربا ، وحيث أن (360°=24H) سيكون الوقت (9H) او(9 AM) في G و (7H) او (7 AM) في W، وعندما تصل الشمس الخط G بعد ثلاث ساعات ، عندها يكون الوقت في G ظهرا وفي E يكون (15H) او (3 PM) ، وفي W يكون (10H) او (10 AM) . اخيرا ، عندما تصل الشمس W سيكون الوقت (2 PM) في G و (5 PM) في E . ويمكن استخدام هذا الاسلوب المنطقي بغض النظر عن الشكل الذي يأخذه الجرم السماوي . كذلك من الشكل : عندما تصل الشمس الى S تكون (LHA) للراصد على خط الزوال (PW) مساوية (WPS) و(GHA) مساوية(GPS) وهكذا :
(خط الطول الغربي) = (زاوية الساعة المحلية) - (زاوية ساعة كرنج)




شكل 4-18    شكل 4-19

وحيث أن هذا يصح لأي جسم ، فإن :

(خط الطول الغربي) = GMT - LMT
= GAT - LAT
= GST - LST

ويتبين بوضوح من الشكل بأن العكس هو صحيح لخط الطول الشرقي .
لا يطلب حفظ المعادلات اعلاه عن الغيب فإن مخطط الوقت سرعان ما سيشير الى الحالة موضوعة البحث .

"الوقت المعياري STANDARD TIME" : هو الوقت الرسمي لبلد ما او لقطاع ما من البلد . فإذا كانت E مثلا في (الشكل 4-19) تمثل الساحل الشرقي للمملكة المتحدة وG تمثل كرنج و W تمثل الساحل الغربي ؛ فعندما يكون الوقت (12H) في G ، كما في اعلاه ، سيكون (15H) في E و(10H) في W . وهكذا ستشير الساعات في المناطق المختلفة من البلد الى اوقات مختلفة. وعليه فقد طبقت بريطانيا الوقت في كرنج كوقت معياري للبلد . فايجاد الوقت المعياري من ((UT) GMT) هو تطبيق مختصر لخط الطول . فمثلا ، يكون الوقت في موقع على خط طول 30° شرقا متقدما بمقدار ساعتين على (GMT).

## 4-3-4 فترات الوقت Time intervals

إن لكافة الاجرام السماوية دورة ظاهرية حول الارض مقدارها 360° خلال 24 ساعة ، وهكذا :
15° = 1H ، 15′ = 1M ، 15″ = 1S
مما يسمح بإجراء تحويلات سهلة .

مع ذلك ، إذا كان النجم موضوع البحث هو ♈ او اي نجم تكون الساعات ذات العلاقة ساعات نجمية ، وإذا كان النجم هو M او A ستكون الساعات هي ساعات شمسية متوسطة او ظاهرية على التوالي .

فإذا شرع كل من ♈ وM بنفس الوقت ومن نفس النقطة في رحلتيهما حول الارض فإن ♈ سيرجع الى نقطة البداية قبل M بـ 3 دقائق و 55.91 ثانية . وكل يوم سنجد بأن ♈ سيسبق M اكثر فأكثر حتى يكون في نهاية سنة واحدة قد اكمل دورة إضافية واحدة اكثر من M .

إذن 366 يوم نجمي يساوي 365 متوسط يوم شمسي .
إذن 24 ساعة نجمية تساوي (365 × 24/366) متوسط ساعة شمسية .
وتساوي (23H 56M 04.09S) بمتوسط وقت شمسي .
وهذا يمكن أن يكتب :
1 ساعة نجمية تساوي 1 ساعة شمسية ناقصا 9.83 ثانية او
1 ساعة شمسية تساوي 1 ساعة نجمية زائدا 9.83 ثانية

إن هذا الفرق بالوقت هو الذي يتراكم تدريجيا على طول السنة ، وهو مدرج في الجدول كقيمة R في "التقويم النجمي STAR ALMANAC" ، وسيجري الان البحث في تمارين الوقت المختلفة بالتفصيل .

## امثلة محلولة

مثال 4-5 : اوجد الـ (GST) في الساعة (20H 00M 00S) بموجب متوسط توقيت كرنج ليوم 17 تشرين الثاني 1965 ، إذا علمت بأن قيمة R كانت (3H 20M 30S)، ماذا سيكون الـ (LST) المساوي لمكان واقع على خط طول 60° غربا ؟

الحل

(A) أنشيء مخطط الوقت مبينا خط زوال كرنج (GG′) حيث أن ′G هو خط الطول المقابل (شكل 4-20) .

(B) من خط الطول المقابل ′G إصنع الساعة (20H GMT) لتثبيت موقع M (الشمس المتوسطة) .

(C) لما كانت R تساوي (3H 20M 30S) فإن :

RAMS = R + 12H = 15H 20M 30S

وهذه هي المسافة الزاوية "مقاسة بعكس اتجاه عقرب الساعة" من ♈ الى M ، وهكذا مثبتين بذلك الموقع النسبي لـ ♈ في هذه اللحظة .

(D) من الشكل يتضح بأن (GST) تمثل المسافة الزاوية مقاسة باتجاه عقرب الساعة من العبور العلوي G الى ♈ وتساوي (23H 20M 30S) ، ويتم الحصول عليها كما يلي :

لما كانت ( G′GM=20H ) فإن ( G′M=4H ) و ( $\Upsilon G'M$ = 15H 20M 30S) ، وهكذا فإن ( $\Upsilon G'$ ) مقاسة بعكس اتجاه عقرب الساعة : = 11H 20M 30S

$$\therefore\ GMG'\Upsilon = \Upsilon G' + 12\text{ h} = 23\text{ h } 20\text{ m } 30\text{ s}$$

كان بالامكان حل هذا السؤال اسرع بكثير باستخدام (GST=GMT+R) ولكن مخططات الوقت (حتى بالنسبة للمسائل السهلة نسبيا )تؤدي الى فهم اكثر للوقت في علم الفلك.

فإذا جمع الطالب الان خط الزوال المحلي (4H) غربا وقاس باتجاه عقرب الساعة من هذه النقطة الى ♈ فإن (LST) بديهيا ستساوي (19H 20M 30S) .

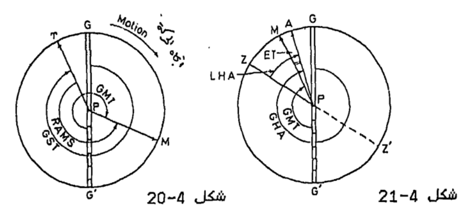
مثال 4-6 : اوجد (GHA) للشمس في الساعة (11H 00M 00S GMT) في 17 تشرين الاول 1965، إذا علمت بأن القيمة المناسبة لـ E كانت (12H 14M 36.6S)، ما هي الـ (LHA) عند (45°E) ؟

الحل

إذا كانت ( E=12h 14m 36.6s ) فإن معادلة الوقت هي ( ET = -14m 36.6s ) ، والاشارة السالبة تشير الى أن M هي وراء A. وهكذا يمكن إنشاء مخطط الوقت (شكل 4-21) كما يلي :

أنشئ اولا خط زوال كرنج (GG′) ، وهكذا :
(GMT) يحدد موقع M (مقاسة باتجاه عقرب الساعة من خط الطول المقابل) ويساوي (11h.).

إن(ET)يحدد موقع A نسبة الى M ، ونستخرج الـ(GHA) من G باتجاه عقرب الساعة الى الشمس الحقيقية A بسهولة لتساوي (23h. 14m.36.6s) .




شكل 4-20 شكل 4-21

من (الشكل 4-21):

ZG =3h ( شرقا 45° )

AG = 12h - 11h 14m 36.6s ر G′A =0h 45m 23.4s

∴ ZA = LHA = 2h 14m 36.6s ((ZG-AG)أي)

وباستخدام المعادلة: GHA = GMT + E = 23h 14m 36.6s

ثم : LHA = LMT + E = 14h + 12h 14m 36.6s
= 2h 14m 36.6s

لاحظ جيدا : بأن (LMT) قد قيست من′Z في هذه المعادلة الاخيرة .

أما العملية العكسية وهي ايجاد (GMT) عندما تعطى (GHA) فهي ليست بالسهولة التي تشير اليها المعادلة لان E هي مجدولة ازاء (GMT) في "التقويم النجمي". وعليه، فمن الضروري إذن إجراء عمليات تقريب متتالية لـ E، وحيث أن في معظم الامتحانات الهندسية تعطى القيمة الصحيحة لـE ، فإن العملية هي مجرد عكس ماورد اعلاه. على اي حال ، إن أخذ E من "التقويم النجمي" لـ 12 ساعة في اليوم موضوع البحث يعطي خطأً صغيرا فقط.

مثال 4-7: قام راصد على خط طول105° شرقا برصد الشمس في لحظة عبورها العلوي حيث سجلت لحظة العبور بواسطة مبقت CHRONOMETER وكانت (12h 08m 25s LMT) في17 آذار

1965 ، وكانت قيمة E من "التقويم النجمي" (11h 51m 25s). اوجد خطأ الميقت .

الحل

انشيء (GG´) ثم ثبت Z نسبة الى G باستخدام خط الطول 7 ساعات شرقا ، وبالتالي ثبت Z´ المقابل (شكل 4-22). إن قيمة (ET) هي (+08m 35s) من E ، وهكذا تكون M امام A و A هي على Z عندما تكون في العبور العلوي.

إذن (LMT) هي (12h 08m 35s) والميقت متأخر بـ 10 ثوان.

مثال 4-8: اوجد (LST) عند (8h 00m 00s LMT) في يوم 17 آذار 1965 عند خط طول (30W) إذا كانت القيمة الملائمة لـ R هي (11h 37m 26s).

الحل

ارسم شكلا يبين (GG´) واوجد موقع (ZZ´) من خط طول (2h W)، انظر (الشكل 4-23).

تقاس (LMT) من Z´ مثبتة بذلك موقع M. وحيث أن R تساوي (11h 37m 26s) فإن (RAMS=23h 37m 26s) التي تقاس بعكس اتجاه عقرب الساعة من ♈ وبذلك تثبت ♈ بالقياس من M باتجاه عقرب الساعة. والان تقاس (LST) باتجاه عقرب الساعة من الراصد الى ♈ ، اي (Z♈).

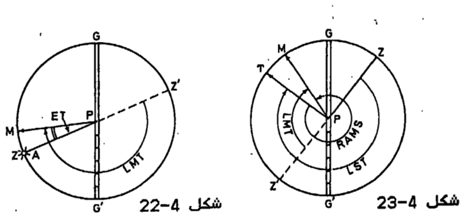
$\therefore\ Z\Upsilon = 19\text{ h }37\text{ m }26\text{ s}$

اي:

$ZZ' + Z'M - \Upsilon M = 12\text{ h} + 8\text{ h} - 22\text{ m }34\text{ s}$

وباستخدام (المعادلة 4-13):

$LST = LMT + R = 19\text{ h }37\text{ m }26\text{ s}$




شكل 4-22 شكل 4-23

مثال 4-9: الـ (GST) عند (0h GMT (UT)) يساوي (14h 00m 00s). اوجد (LMT) العبور ♈ بخط طول (A) (120°E) و (B) (120° W).

الحل

(A) إرسم شكلا وأشر (ZZ´) نسبة الى (GG´) - (شكل 4-24A)

وحيث أن(GMT)هو(0h) فإن M ستكون فوق خط الطول المقابل في ´G. وحيث أن(GST)هو(14 h)مقاسا باتجاه عقرب الساعة من G فإن موقع ♈ هو الان ثابت نسبة الى M. ويمكن تصور أن(P♈) و(PM)هما عقربي ساعة ثابتين نسبة الى بعضهما. وحيث أن ♈ تتحرك الى Z (اي تعبر خط زوال الراصد)مسافة ساعتين نجميتين ، فإن M ستتحرك مسافة مساوية من الساعات الشمسية مؤلفة (الشكل B24-2).

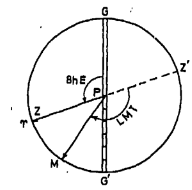
إذن: حيث أن ساعتين نجميتين تساويان:

$= 2 - (2 \times 9.8\ s) = 1\ h\ 59\ m\ 40.4\ s$ MT

$LMT = Z'M = Z'G' + G'M = 8\ h + 1\ h\ 59\ m\ 40.4\ s$

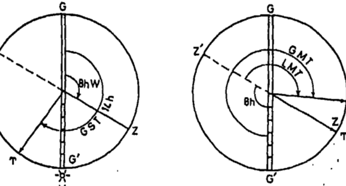
$\therefore\ LMT = 9\ h\ 59\ m\ 40.4\ s$

شكل A24-4



شكل B24-4

(B)يرسم الشكل كالسابق تماما ، ويتغير خط الطول فقط (شكل A25-4).
لعبور ♈ في Z ، بإمكانه أن يتحرك باتجاه عقرب الساعة 18 ساعة نجمية او بعكس اتجاه الساعة بمقدار 6 ساعات نجمية. وبغض النظر عن الاتجاه فإن ♈ وM سيظهران في موقع واحد على الشكل ، ولكن سينتج جوابين مختلفين من الحسابات ، لان قطع مسافة(18 h) يعطي تغييرا مقداره (18 × 9.8s) لـ(MT) ، ويكون التغيير (6 × 9.8s) إذا كان السير بعكس الاتجاه. يجب أن يكون اتجاه السير بحيث أن عبور ♈ يحدث في نفس اليوم الذي تطلب عنه المعلومات



شكل 25-4

تؤدي حركة ♈ بمقدار (18h) نجمية باتجاه عقرب الساعة الى حركة M بمقدار (17h 57m 3.6s) وقتا شمسيا (شكل 4-B25). إذن ، لما كان (GMT) بديهيا يساوي (17h 57m 3.6s) ، فمن (الشكل 4-B25):

LMT = 9h 57m 3.6s

ايضاح: حيث ان(GMT) تساوي (0h) في (الشكل 4-A25) فإن (LMT) تكون (0h -8h =16h) في اليوم "السابق". وهكذا:

16h+17h 57m 3.6s=9h 57m 3.6s (في نفس اليوم)

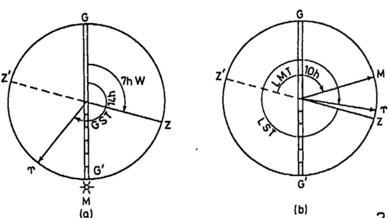
وهكذا ، عندما يكون الطالب في شك عليه ان يجد(LMT) لخط الزوال كما في اعلاه ، ثم باستخدام الفترة النجمية (كتقريب) التي يقطعها ♈ باتجاه او بعكس اتجاه عقرب الساعة يقرر اي اتجاه يعطي العبور في اليوم المطلوب.

مثال 4-10: إذا علمت بأن الـ(GST) يساوي (4h) في الساعة (0h GMT)، اوجد الـ(LST) على خط طول 105° غربا في الساعة (10h LMT).

الحل

يمكن ان يجد الطالب هذا السؤال مشوشا لاول وهلة، ولكن حتى من دون فكرة سابقة عن كيفية البدء بحل السؤال يتضح الجواب بسرعة بمجرد تثبيت المعلومات على مخطط الوقت .

إبداء يخط كرنج(GG′) كالعادة ، ثم اضف خط زوال الراصد (ZZ′) عند(7h W). فلما كان الـ(GST) يساوي (14h) في (0h GMT)، فإن هذا يثبت ♈ وM نسبة الى بعضهما كما هو مبين في (الشكل 4-A26).




شكل 4-26

إن المطلوب هنا هو الـ(LST) عند (10h LMT) ، وهكذا فتحريك M مسافة 7 ساعات شمسية بعكس اتجاه عقرب الساعة سيثبتها بحيث ان( Z′GM = 10 h = LMT ) ، انظر (شكل 4-B26). ومن هدا ينتج ان ♈ سترجع 7 ساعات شمسية خلفا والتي

تساوي (7h 1m 9s) وتساوي (7h +1m 9s) وقتا نجميا.
(مقاسة من Z الى ♈ باتجاه عقرب الساعة) LST=23h58m51s.∴

لاحظ جيدا: لو حركت M باتجاه عقرب الساعة لكانت المسافة تساوي (17h) ولكانت فترة الزمن النجمية اكثر منها بقليل. من (الشكل 4-A26)؛ في اللحظة التي يكون فيها (GST=14h) يكون (LST=7h). وهكذا فجمع فترة وقت نجمية تزيد على(17h) الى(7h) سيعطي قيمة اكبر من(24h) وبذلك يتم الانتقال الى اليوم التالي، وعليه يجب ان تتحرك M عكس اتجاه عقرب الساعة كما في أعلاه.

مثال 4-11: إذا كانت (GST=9h) عند(0h GMT)، اوجد متوسط الوقت المحلي(LMT) لعبور نجم عند خط طول (120° E). علما بأن قيمة(RA) للنجم تساوي (14h).

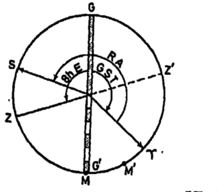
الحل

انشيء كرنج ثم ثبت Z عند الساعة(8h)شرقG (شكل 4-27). لإن قياس (9h) لـ(GST) باتجاه عقرب الساعة من G يثبت ♈، وان قياس(14h RA)من ♈ عكس اتجاه عقرب الساعة يثبت S، كما وان(0h GMT)يثبت M على الجهة المعاكسة لـ G. لإن S وM هما الان ثابتتان نسبة الى بعضهما، وباستنتاج بسيط من الشكل يمكن رؤية انه يتطلب تحريك S مسافة (3h) بعكس اتجاه عقرب الساعة او (21h) باتجاه عقرب الساعة للعبور في Z.

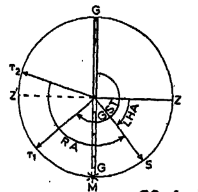
من الشكل يتضح بأن ((LMT(Z′M)) تساوي (8h) في تلك اللحظة. لإن تحريك S مسافة (21h) سيعطي متوسط الوقت المحلي(LMT) عند(29h)، أي(5h) في اليوم التالي. وهكذا تتحرك S خلفا مسافة (3h) الى Z وM خلفا بنفس المقدار بوقت شمسي، أي (2h 59m 31s) الى M′.

$$\therefore LMT=Z'M'= 8h -2h\ 59m\ 31s = 5h\ 00m\ 29s$$

مثال 4-12: إذا كان الـ(GST) يساوي(15h)عند(0h GMT). اوجد الـ(LMT) للاستطالة الغربية لنجم بخط طول (90°W) ذي (RA=9h) و (LHA=4h W).



شكل 4-27



شكل 4-28

الحل

ثبت (GG′) و (ZZ′) بالطريقة الاعتيادية (شكل 4-28).
وهكذا، (15h GST) يثبت $\Upsilon_1$ و (0h GMT) يثبت M. في لحظة
الاستطالة (HA) للنجم تساوي (4h W). وهكذا فإن (4h)
باتجاه عقرب الساعة من Z يثبت النجم في S. ايضا يكون
المطلع المستقيم (RA) في هذه اللحظة مساويا (9h) مقاسة
باتجاه عقرب الساعة من S. وهذا يثبت موقع اول نقطة
لبرج الحمل FIRST POINT OF ARIES في لحظة الاستطالة
في $\Upsilon_2$. ويتم ايجاد موقع M في هذه اللحظة بتحريك $\Upsilon_1$ الى
الامام لتنطبق مع $\Upsilon_2$ على بعد (4h) وقت نجمي.

وهكذا فإن M تتحرك (3h 59m 20.8s) وقتا شمسيا الى
الامام. مع ذلك، فعندما كان (GMT) يساوي (0h) كان (LMT)
مساويا (18h) ومقاسا باتجاه عقرب الساعة من Z′. ولكن
لما كانت Z تقع غرب كرنج فإنها يجب أن تكون (18h) في
"اليوم السابق". وهكذا فإن (LMT) محتسبا للاستطالة
سيكون : 18h +3h 59m 20.8s =21h 59m 20.8s
وهو لا يزال في اليوم السابق. ومن هذا ينتج بأنه: لكي
يستطيل النجم فإن M ستدور بمقدار (23h 56m 04.1s) وقتا
شمسيا آخرا ويكون متوسط الوقت المحلي (LMT) المطلوب
للاستطالة مساويا :
21h 59m 20.8s +23h 56m 04.1s =21h 55m 24.9s

## تمارين

ينصح الطالب بإعادة حل الامثلة السابقة بدون الرجوع
الى الطرق او الاشكال المعطاة. وبهذه الطريقة سيتم
فهم اجزاء ومكونات مخططات الوقت بشكل متكامل.

4-1 كان متوسط الوقت المحلي (LMT) في موقع ما مساويا
(17h 10m 20s) عندما كان الـ(LST) يساوي (9h 40m 30s).
وقد أظهرت إشارة وقت كرنج بأن متوسط الوقت كان يسبق
(GMT) بمقدار (1h 20m). (A) ما هو خط طول الموقع؟ (B) ما
هو الـ(LST) للـ(LMN)؟ (C) ما هو الـ(GST) للـ(GMN)؟
(جامعة لندن)
[الجواب: (A) (20°E)، (B) (4h 29m 19s)، (C) (4h 29m 32s)]
لاحظ جيدا : إن (LMN) هو "متوسط الظهر المحلي" او (12h LMT)

4-2 عرف اول نقطة لبرج الحمل "FIRST POINT OF ARIES"
وبين كيف أن حركته ترتبط بحركة متوسط الشمس MEAN SUN.

لاجل تعيين خط طول محطة مسح ، تطلب الامر إجراء رصد
لخط طول نجم في العبور العلوي بالمطلع المستقيم يساوي
(2h 06m 30s) . علما بأن خط طول المحطة يساوي
(93°37′03″W) و (HA) لـ $\Upsilon$ نسبة الى خط طول كرنج عند
(GMN) في اليوم المقرر لإجراء الرصد فيه تساوي
(11h 41m 19s). اوجد (GMT) للعبور.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب : (8h 39m 32s)]

3-4 عرف التعابير التالية: "الوقت النجمي SIDEREAL TIME" و "متوسط الوقت" و "الوقت الظاهري" و "معادلة الوقت".
شوهدت الشمس في عبورها العلوي من خط طول معين عندما كان (GMT) يساوي ( $4^h 10^m 04^s$ ). فإذا علمت أن معادلة الوقت في لحظة العبور تساوي ( $11^m 41^s$ ) وكانت الساعة تسبق الشمس . اوجد خط طول محطة الرصد.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: ( $120° 24' 15"$ ) شرقا].

وهنالك تمارين اخرى عن الوقت في الفقرات التالية.

## 4-4 تصحيحات القراءات والاجهزة

إن الكميات المرصودة اللازمة لحل المثلث الفلكي هي: (I) الزاوية الشاقولية الى النجم او الى الشمس، او (II) الوقت الدقيق للحظة التي يتم بها الرصد. وفي حالة ايجاد سمت خط فإن الزاوية الافقية بين الخط والنجم (او الشمس) ستكون مطلوبة ايضا في لحظة الرصد.

### 4-4-1 تصحيحات قراءة الزاوية الشاقولية

(A) الانكسار REFRACTION
سبق وأن بحثت هذه الظاهرة في (الفقرة 2-8-3) ، حيث يؤخذ التصحيح في علم الفلك بأنه مساويا :

$$r = -58" \cot H \quad \ldots (14-4)$$

حيث أن H هو الارتفاع المقاس.
مع ذلك ، وحيث أن r تتغير بتغير درجة الحرارة والضغط، يمكن الحصول على قيمة اكثر ضبطا من جداول "التقويم النجمي" باستخدام:

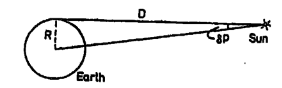
$$r = f \times r_0 \quad \ldots (15-4)$$

حيث أن $r_0$ هي التصحيح تحت ظروف معيارية مقدارها ( $100.5\ KN/M^2$ ) ضغطا و( $7.2°C$ ) درجة حرارة ، وأن f هو معامل بتغير بتغير درجة الحرارة والضغط. ويطبق تصحيح الانكسار على كافة الاجسام السماوية.

(B) إختلاف النظر PARALLAX
يطبق هذا التصحيح على الشمس فقط وهو يصحح الزاوية الشاقولية الى تلك القيمة التي كان سيحصل عليها فيما لو قيست من مركز الارض. ومن (الشكل 4-29) فإن اكبر اختلاف نظر ( $\delta p$ ) يساوي: $\delta p = \tan (R/D) = 9"$ (من القوس)
فتصحيح اختلاف النظر المستخدم هو إذن:

$$\delta p = +9" \cot H \quad \ldots (16-4)$$

(C) نصف القطر SEMI-DIAMETER

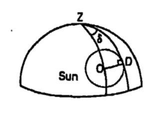



شكل 4-29

إن التصحيح المضبوط لمركز الشمس هو غير ممكن بسبب حجمها المنظور الكبير نسبيا مالم تكن المزواة مجهزة بموشور شمسي نوع رويلوف ROYLOF. فالموشور الشمسي يعطي اربعة اشباح للشمس تتداخل مع بعضها لتعطي شبحا على شكل صليب مركزه هو مركز الشمس.

إعتياديا يكون الرصد نحو طرف الشمس السفلي A كما في (الشكل 4-30) ، حيث يكون الارتفاع اقل مما يجب بمقدار نصف قطر. كذلك سيؤدي رصد الطرف العلوي B بأن يظهر اكبر مما يجب. وتتغير قيمة نصف القطر من($16'18°$) الى ($15'45°$) ويمكن الحصول عليه من "التقويم النجمي"

يمكن ايضا إثبات انه عندما تلامس الشعرة العمودية الطرف الايسر او الايمن للشمس ستحتاج الزاوية الافقية تصحيحا لنصف القطر. فمن (الشكل 4-31) وحيث يتم رصد الطرف بشكل مماس فإن المثلث الكروي (ZDO) يكون قائم الزاوية في D.




شكل 4-30

شكل 4-31

من قاعدة نابيير NAPIER: $\sin \delta = \sin OD \ \mathrm{cosec}\ ZO$

وبما ان $\delta$ هي صغيرة فإن: $\delta = OD \ \mathrm{cosec}\ ZD$ و $ZO \approx ZD$

إذن ، وبما ان(ZD)هو الارتفاع المقاس من القطب ، فإن:

$$\delta = \text{SEMI DIAMETER} \times \text{SECANT ALTITUDE} \quad \ldots(4\text{-}17)$$

(نصف القطر) (ارتفاع القاطع)

وتنتفي الحاجة الى هذه التصحيحات عمليا .برصد كلا الطرفين A وB على وجهين متعاقبين للجهاز وأخذ متوسط القيمة.

(D)خطأ المحور الشاقولي

يحدث الخطأ في الاتجاه الزاوي الافقي لخط ما بسبب كون

محور الجهاز الشاقولي مائلا بزاوية (e) عن الشاقول ويكون الخطأ مساويا (e TAN H) - أنظر الجزء الاول/ سكوفيلد - شعان 1986 ، ولا ينحذف هذا التأثير بتغيير الوجه FACE CHANGE ويجب إذن تطبيقه كتصحيح.

يتم تعيين قيمة e بقراءة النهايتين اليسرى(L) واليمنى (R) لفقاعة الطبق PLATE BUBBLE كما تشاهد من قبل الراصد.

عليه فإن :

$$e = (\sum L - \sum R) d / n$$

حيث أن d هي قيمة كل تقسيم من تقسيمات الفقاعة و n هو عدد القراءات المأخوذة لنهايتي الفقاعة. فمثلا:

| | | L | R |
|---|---|---|---|
| قراءات الفقاعة | وجه يسار (FL) | 3.5 | 1.5 |
| | وجه يمين (FR) | 2.0 | 3.0 |
| | $\sum$ | 5.5 | 4.5 |

فإذا كانت (d =20") فإن: $e = [(5.5-4.5) \times 20"]/4 = 5"$

وهكذا إذا كان الارتفاع (H=50°) فالتصحيح يساوي:

$= + 5" \ TAN\ 50°$

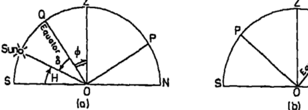
## 5-4 طرق ايجاد خط العرض

## METHODS OF DETERMINING LATITUDE

### 1-5-4 ارتفاعات خطوط زوال الشمس او النجم

تتطلب هذه الطريقة ارتفاع الجسم في لحظة العبور على خط زوال الراصد.

إذا أستخدمت الشمس ، فإن لحظة العبور سيتم الحصول عليها بملاحظة الشمس من خلال المزواة حتى تصبح في اعلى ارتفاع لها ، وهذا سيعطي القراءة على إحدى الوجهين SINGLE FACE OBSERVATION لطرفي الشمس. ولتجنب هذا ، يمكن إجراء قراءة سريعة على كلا الوجهين ويؤخذ المعدل ، بإهمال الحركة الضئيلة عن موقع العبور.




شكل 4-32

وبطريقة أخرى ، بمعرفة خط طول المحطة والقيمة المناسبة لـ E ، يمكن احتساب (UT(GMT)) للعبور وتؤخذ القراءة في هذا الوقت.

والان بإنشاء مقطع يمر بخط زوال الراصد يمكن استنتاج خط عرض الراصد بسهولة. يمثل (الشكل 4-32) شكلا آخر لـ (الشكل 4-10) بجزئين: (A) يمثل نصف الكرة الشمالي و(B) النصف الجنوبي. ويجب على الطالب دراسة (الشكل 4-10) جنبا الى جنب مع (الشكل 4-32). فإذا تم الان تثبيت الارتفاع H والميل δ على الشكل يصبح من السهل الإستنتاج بأن خط العرض $\phi$ يساوي: $\phi = 90° - (H + \delta)$
وغالبا ما يحدد الارتفاع شمالا او جنوبا ، ويقصد بهذا بأنه مقاس بإتجاه الشمال او الجنوب او ان يكون طرفا في الشكل. فمثلا ، يكون الارتفاع في (الشكل 4-A32) LIMB الى الجنوب والميل الى الجنوب وخط العرض يكون الى شمال خط الاستواء - راجع (المثال المحلول 4-13).

## 4-5-2 ازواج النجوم الشمسية Zenith pairs of stars

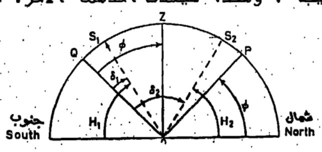
يمكن استخدام التقنية المذكورة في (الفقرة 4-5-1) بنجم واحد لتحقيق فائدة واضحة. فيتم تنصيف مركز النجم مباشرة وتنتفي الحاجة للتصحيح عن نصف القطر وعن اختلاف المنظر. مع ذلك ، وبما انه يمكن إجراء التوجيه نظريا على وجه واحد فقط يجب اخذ خطأ الانكسار وخطأ المحور البصري الشاقولي للجهاز بنظر الاعتبار ، والاخطاء في هذين التصحيحين الاثنين ستؤدي الى خطأ في خط العرض.

باستخدام نجمين بارتفاع واحد تقريبا (زوج سمتي ZENITH PAIR) تنحذف هذه الاخطاء. فخذ كذا نجمين $S_1$ و $S_2$ في (الشكل 4-33).

فباستخدام $S_1$:
$$\phi = 90° - H_1 + \delta_1$$
وباستخدام $S_2$:
$$\phi = H_2 + \delta_2 - 90°$$

وبالجمع ينتج:
$$2\phi = (\delta_1 + \delta_2) + (H_2 - H_1)$$

والان $H_2$ و $H_1$ يمثلان الارتفاعين المرصودين مصححين عن خطأ المحور البصري الشاقولي (e) VERTICAL COLLIMATION ERROR وخطأ الانكسار r . وحيث ان $\phi$ هي دالة للفرق بين الارتفاعين ، وحيث ان الارتفاعين متشابهان فإن الخطأين $e_1$ و $e_2$ سيكونان متساويين وهكذا يحذف احدهما الاخر.
وبنفس الطريقة ، لما كانت الرصدتان قريبتين من بعضهما فإن الاخطاء $e_r$ في تصحيحات الانكسار r ستكون متساوية تقريبا ، وهكذا سيحذف احدهما الاخر. فإذا كان




شكل 4-33

تصحيحا الانكسار نفسيهما متساويين ، أي ( $r_1 = r_2$ ) فإنهما سينحذفان ايضا .

وهكذا فإن فوائد رصد ازواج النجوم السمتية للنجوم التي تعبر بتعاقب متقارب يمكن رؤيتها بوضوح.

### 4-5-3 النجوم القريبة من القطب Close circumpolar stars

تتضمن هذه الطريقة رصدات لنجوم قريبة من القطب ، ففي نصف الكرة الشمالي سيكون "النجم القطبي POLARIS" وفي نصف الكرة الجنوبي سيكون "الثمن OCTANTIS" . يؤخذ معدل الارتفاع H لعدد من الرصدات التي تؤخذ على الوجهين ويستخرج معدل وقت الميقت CHRONOMETER من اوقات الميقت للحظات الرصد ، ومنها يمكن احتساب(LHA) لبولارس h ، ثم يؤخذ الميل من التقويم النجمي. ثم باستخدام:

$$\phi = H - p \cos h + \tfrac{1}{2} p^2 \sin 1'' \sin^2 h \tan H$$

يمكن ايجاد خط العرض حيث أن p هي الميل المقاس من القطب CO-DEC بالثواني ، علما بأن هذه المعادلة قد أستنتجت أساسا من قانون جيب التمام.

يمكن الحصول على حل سريع باستخدام جداول النجم القطبي في "التقويم النجمي" حيث أن الجزء الاخير من (المعادلة 4-18) يكون مجدولا كـ( $a_0$ ) بتصحيحين( $a_1$ )و( $a_2$ ) .

ثم :

$$\phi = H + a_0 + a_1 + a_2$$

إن المقدار(LST) هو داخل في جدول( $a_0$ ) - راجع (المثال المحلول 4-15).

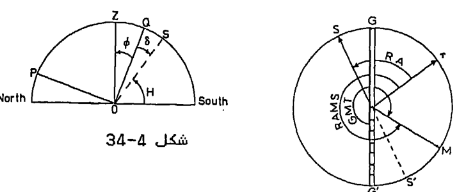
## امثلة محلولة

مثال 4-13: رصد نجم في العبور العلوي وكان بارتفاع (51° 17′ 47″)في السماء الجنوبية وكان المطلع المستقيم للنجم ( 6h 30m 17s) والميل (11° 38′ 55″S). فإذا كان متوسط وقت كرنج (GMT) للقراءة ( 20h 6m 19s) وقيمة R في هذه اللحظة ( 8h 10m 33s) ، اوجد خط عرض وخط طول الراصد و(LMT) للرصدة.

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

أنشىء نصف دائرة بقطرها يمثل المستوي الشمالي-الجنوبي للرصدة ، أنظر (الشكل 4-34) ، وهكذا فإن Z يصنع 90° معه.وليس من المهم اين يوضع الشمال والجنوب. ولما كان الارتفاع H هو جنوبا فإن موقع النجم ثابت في S في الربع الجنوبي . ولما كان الميل $\delta$ جنوبا فإن موقع خط الاستواء(OQ)يكون ثابتا . وعليه: $\phi = 90° - \delta - H$ حيث أن H هو الارتفاع المرصود مصححا عن الانكسار $r$ .




شكل 4-34

شكل 4-35

إذن الارتفاع $H_o$ يساوي:

$$\therefore \text{ Altitude } (H_o) = 51° 17' 47''$$
$$r = -58'' \cot H_o = \quad -46.5''$$
$$\therefore H = 51° 17' 00.5''$$

إذن خط العرض $\phi$ :

$$\therefore \text{ Latitude } \phi = 90° - 11° 38' 55'' - 51° 17' 00.5'' = 27° 04' 04.5'' \text{ N}$$

لاحظ جيدا : من(الشكل 4-34)، إن Z مقاسة باتجاه الشمال من(OQ) وعليه فإنها خط عرض شمالي.

انشيء مخطط وقت بخط زوال كرنج (′GG)- (شكل 4-35).

فبقياس الوقت(20h 6m 19s GMT) باتجاه عقرب الساعة من ′G سيثبت موقع M (متوسط الشمس) و (R =8h 10m 33s ) ، وهكذا : RAMS=R+12h =20h 10m 33s
مقاسة من ♈ الى M بعكس اتجاه عقرب الساعة. وهكذا فإن الموقع النسبي لـ ♈ هو ثابت .

إن المطلع المستقيم للنجم يساوي ( 6h 30m17s) مقاسا بعكس اتجاه عقرب الساعة من ♈ يثبت S، ولما كانت S في عبورها العلوي فإن هذا الموقع هو خط زوال الراصد.

من (الشكل 4-35):

$$MG' = 24\text{ h} - \text{GMT} = 3\text{ h }53\text{ m }41\text{ s}$$
$$G♈ = \text{RAMS} - 12\text{ h} - MG' = 4\text{ h }16\text{ m }52\text{ s}$$
$$\therefore GS = \text{RA} - G♈ = 2\text{ h }13\text{ m }25\text{ s E} = 33° 21' 15'' \text{ E}$$

(LMT) يقاس باتجاه عقرب الساعة من′S الى M ويساوي:
= GMT + G′S′
= 22h 19m 44s

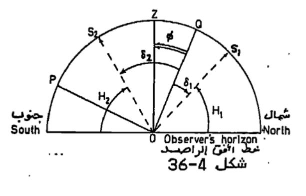
مثال 4-14: تستخدم رصدات الزوج السمتي لايجاد خط عرض راصد في نصف الكرة الجنوبي، ومدرج ادناه المعلومات المطلوبة :

| النجم | الميــــل ° ′ ″ | الارتفاع المرصود ° ′ ″ | RA Hr. Mn. Sec. |
|---|---|---|---|
| 1 | شمالا 19 58 20 | 50 01 20 | 13 12 02.0 |
| 2 | جنوبا 61 07 00 | 48 55 30 | 13 20 02.0 |

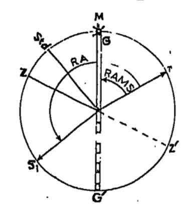
إذا علمت أن قيمة R في الوقت (UT(GMT) (12h تساوي (16h 35m 20s). اوجد الوقت العالمي(UT) لعبور النجوم على خط زوال الراصد شرق(60°15′15").

ماهو الوقت المعياري المحلي (LStT) إذا علمت بأن خط الزوال المعياري للموقع هو(15°30′) غرب الراصد؟
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل



شكل 4-36




شكل 4-37

ينشأ (الشكل 4-36) بدءًا بأفق الراصد وتنشأ Z و P وQ بحيث تكون Z في نصف الكرة الجنوبي. وستؤدي قيم δ و H الى تثبيت موقع النجوم كما هو مبين.

تصحيح انكسار $S_1$ : $= -58'' \cot 50°\,01'\,20'' = -49''$
و تصحيح إنكسار $S_2$ : $= -58'' \cot 48°\,55'\,30'' = -51''$

$$\therefore\; H_1 = 50°\,01'\,20'' - 49'' = 50°\,00'\,31''$$
$$H_2 = 48°\,55'\,30'' - 51'' = 48°\,54'\,49''$$

ثم من (الشكل 4-36):

$$\phi_1 = 90° - \delta_1 - H_1 = 20°\,01'\,09''\ S$$
$$\phi_2 = \delta_2 + H_2 - 90° = 20°\,01'\,49''\ S$$
$$\therefore\; \phi = 20°\,01'\,29''\ S \quad \text{(mean)}$$ (المعدل)

أنشئ مخطط الوقت كما في (الشكل 4-37). وأنشئ (GG′) اولا ، ثم من قيمة R تكون(RAMS=4h 35m 20s) التي تثبت ♈ نسبة الى M عند (12h UT).
إن المطلع المستقيم المقاس بعكس اتجاه عقرب الساعة من ♈ يثبت $S_1$. $S_1$ يمكن أن تعبر في Z إذا تحركت باتجاه عقرب الساعة بعد (4h) تقريبا أو بعكس اتجاه عقرب الساعة بعد(20h)تقريبا . ولما كان الوقت العالمي(UT)

مساويا ( 12h) فإن الحركة بعكس اتجاه عقرب الساعة ستعطي وقتا عالميا مقداره(8h)في اليوم التالي، وهكذا تتحرك $S_1$ باتجاه عقرب الساعة.

من الشكل: $S_1Z$ =RA-RAMS-(خط الطول)=4h 35m 41s

فإذا تحركت$S_1$ بهذا المقدار الى الامام فإن M ستتحرك مقدارا مساويا له بوقت شمسي مقداره( 4h 34m 56s).

إذن الوقت العالمي لعبور $S_1$ يساوي( 16h 34m 56s).

من(RA) يمكن رؤية ان$S_2$ ستعبر 8 دقائق بعد $S_1$.

إذن الوقت العالمي لعبور $S_2$ يساوي( 16h 42m 56s).

فإذا كان الوقت العالمي كما في اعلاه فإن الـ(LMT) مقاسا من Z′ سيكون بديهيا اكبر بمقدار خط الطول (4h 01m 01s ).

إذن فإن(LMT) لعبور $S_1$ يساوي ( 20h 35m 57).

وحيث ان خط الزوال المعياري (Std) يساوي(1h 02m)غرب Z فإن الوقت هناك سيكون مبكرا بهذا المقدار.

إذن(LStT) لعبور $S_1$ يساوي ( 19h 33m 57s).

مثال 4-15: حصل راصد على خط طول ("5°15′00) غربا على متوسط المعلومات الحقلية التالية للنجم القطبي بولارس POLARIS: معدل زاوية الارتفاع المرصودة تساوي ("52°46′18) ومعدل وقت الميقت للرصدة ( 11h 56m 04s) والميقت يتقدم على الوقت العالمي(UT)بـ( 7h 36m 04s) ومتوسط قراءة البارومتر تساوي 760 ملم ومتوسط درجة الحرارة(12° C).وقد اخذت المعلومات المطلوبة الباقية من "التقويم النجمي" للتاريخ موضوع البحث وكما يلي:

الميل: ("89°08′08) شمالا و (R = 18h 47m 25.0s) و (RA=2h 04m 17s ) و ($r_0$ =44") و ( f =1.04).
اوجد خط عرض الراصد إذا اعطيت:

$$\phi = H - p\cos h + \tfrac{1}{2}p^2 \sin 1'' \sin^2 h \tan H$$

(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(1)اوجد الـ(LHA) للنجم القطبي من مخطط الوقت (شكل 4-38).

من R : RAMS = 6h 47m 25.0s

إن (ZZ′) هو خط طول الراصد و (UT):

UT = 11h 56m 04s −7h 36m 04s=4h 20m 00s=G′M

إن (RAMS) المقاسة من M تثبت موقع ♈.

$\therefore$ ♈G = 12h − UT − RAMS = 0h 52m 35s

GZ = (خط الطول) = 0h 21m 00s

وعليه فإن (LHA): او:

$$LHA = 24\,h - RA - \Upsilon Z = 20\,h\ 42\,m\ 08\,s$$
$$= 3\,h\ 17\,m\ 52\,s\ E = 49°\ 28'\ 00''\ E = h$$

(2)زاوية الارتفاع المرصودة تساوي:

$$= 52°\ 46'\ 18''$$
$$r_0 \times f = \quad -46''$$

زاوية الارتفاع المصححة تساوي:

$$= 52°\ 45'\ 32'' = H$$

(3)زاوية $\delta$ تساوي (89°08′08") وعليه فإن الميل المقاس من القطب يساوي P ويساوي (0°51′52").

والان بالتعويض في المعادلة المعطاة بالسؤال ينتج:
$\phi = 52°\ 12'\ 08"N$

مثال 4-16: رصد نجم زاوية ميله (47°20′17"S) بعبوره العلوي على ارتفاع(56°48′41"N). ماذا سيكون الارتفاع المرصود بالعبور السفلي وما هو خط عرض موقع الرصد؟

من خط العرض هذا ، ماذا سيكون الارتفاع المرصود لاعلى الشمس عند العبور إذا كان ميل الشمس (22°22′25"S) ونصف قطرها (16′18")؟

إشرح لماذا لا يمكنك استخدام اية من الرصدات بشكل منفرد لتعيين زاوية سمت خط مساحي بأية درجة من الضبط. اذكر الطريقة التي ستتبعها.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

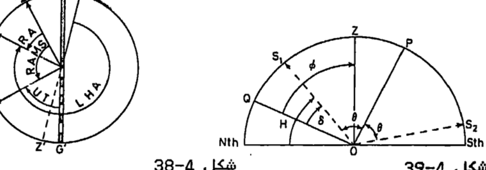
إن الشكل <4-39> يوضح الحالة بـ S في العبور العلوي $S_1$.
إن الارتفاع المرصود مصحح عن الانكسار: = 56°48′06"N
∴ $\phi = 90° - H + \delta = 80°32'11"\ S$
أما S في عبورها السفلي فهي مشار اليها بـ $S_2$، وهكذا:

$$S_1OP = S_2OP = (90° - \delta) = 42°\ 39'\ 43''$$
$$ZOP = (90° - \phi) = 9°\ 27'\ 49''$$
$$\therefore\ ZOS_2 = 52°\ 07'\ 32''$$

والارتفاع عند العبور السفلي: $= 90° - ZOS_2 = 37°52'28"$
∴ الارتفاع المرصود: $=37°52'28"+$(الانكسار)$=37°53'44"S$

وبنفس الطريقة يكون ارتفاع مركز الشمس بالعبور العلوي مساويا: $= 90° - \phi + \delta_s = 31°50'14"N$

ويجب ان تعاد هذه القيمة الى القيمة المرصودة بتطبيق التصحيح التالي:




شكل 4-38

شكل 4-39

لنصف القطر: (+16′18") وللانكسار: (+1′33") ولاختلاف النظر: (-08").
∴ الارتفاع المرصود في العبور العلوي: (32°07′57")شمالا
والارتفاع المرصود في العبور السفلي: (13°15′00")جنوبا

## تمارين

4-4 يعطي الجدول ادناه معلومات تخص رصدة خط زوال زوج سمتي لخط العرض:

| النجم | الميل ° ′ ″ | الارتفاع المرصود ° ′ ″ | المنسوب الجسم | المنسوب العين |
|---|---|---|---|---|
| X | 18 42 38 S | 58 32 47 N | 6.2 | 3.8 |
| Y | 83 50 22 S | 56 21 18 S | 3.6 | 6.4 |

اوجد خط عرض محطة الرصد ، باخذ تصحيح الانكسار مساويا ((زاوية الارتفاع)COT "57-) والتقسيم الواحد للفقاعة يساوي "15. ما هي الفائدة من رصد النجوم التي تتكبد CULMINATE في الجوانب المعاكسة من السمت ZENITH ؟
[الجواب : (50°10′24"S)] (جامعة لندن)
لاحظ جيدا بان تشير قراءات المنسوب الى فقاعة الارتفاع BUBBLE ... ية تصحيحي مؤشر الدائرة العمودية((X)"18+) و((Y)"21-) من ( "d x(n/(e-O)) ، حيث أن d هي قيمة التقسيم الواحد للفقاعة و n هي الـ(N°) للقراءات.

5-4 في الجدول ادناه قيم للمطلع المستقيم والميول لنجمين مراد استخدامهما لتعيين خط عرض موقع بخط طول (30°50′39"E) ، علما بأن خط عرضه التقريبي (20°S):

| النجم | المطلع المستقيم RA | الميل ° ′ ″ |
|---|---|---|
| 1 | 10H 17M 56.5S | 20 01 45 N |
| 2 | 10H 30M 43.8S | 61 30 00 S |

فإذا كانت قيمة R عند متوسط ظهر كرنج السابق تساوي

(10H 33M 48.2S)، اوجد الـ(GMT) للعبور المحلي LOCAL TRANSIT للنجمين .

كانت اعلى زاوية ارتفاع مرصودة للنجمين 1 و2 : (49°55′23") و(48°34′32") على التوالي. ما هو خط عرض الموقع ؟ (جامعة لندن)
[الجواب:(2H 16M 53.5S)و(2H 29M 38.7S)و(20°03′41"S)

6-4 ادناه زوايا ارتفاع خطوط الزوال المسجلة لـ 6 نجوم وميولها :

| النجم | ارتفاع خط الزوال ° ′ ″ | الميل ° ′ ″ |
|---|---|---|
| $X_1$ | 30 12 02 N | 69 49 55 N |
| $X_2$ | 30 41 57 S | 8 59 10 S |
| $X_3$ | 47 26 32 N | 87 05 10 N |
| $X_4$ | 47 25 42 S | 7 45 20 N |
| $X_5$ | 57 29 17 N | 82 51 50 N |
| $X_6$ | 57 00 27 S | 17 20 20 N |

يمكن فرض أن زوايا الارتفاع هي خالية من اخطاء الاجهزة إستخرج من هذه الرصدات تأثيرات الانكسار وقارن نتائجك مع القيم الاعتيادية. (جامعة لندن)
[الجواب:(97"±) و(52"±) و(37"±)]
ايماء: قارن متوسط خط العرض لكل زوج مع خط العرض المنفرد.

## 6 – 4 تعيين السمت DETERMINATION OF AZIMUTH

إضافة الى الفكرة الاساسية في توجيه خط قاعدة اعمال مسح نسبة الى خط الزوال فإن تعيين السمت كأداة للسيطرة على خطأ السمت قد اصبح حتى اكثر اهمية بازدياد شيوع اعمال التضليع بأجهزة الـ(EDM). أنظر الفصل الثاني.

إن كافة الطرق المستخدمة تتطلب الزاوية الافقية بين خط القاعدة والجسم المرصود مركّبة إما مع زاوية الارتفاع او مع وقت الرصدة. وهذا يمكّن من ايجاد العناصر الضرورية للمثلث الفلكي واستخدامها في ايجاد زاوية السمت في Z (شكل 4-14).

### 4 – 6 – 1 قياس الارتفاع « اضافة الى خط الطول » من خلال الرصد الى الشمس او الى نجم

خذ اولا رصدة الشمس، حيث ينصب الجهاز في إحدى نهايتي خط القاعدة ويقاطع الجسم المرجعي (RO)

في النهاية الاخرى لخط القاعدة. بعد REFERENCE OBJECT ذلك يدور الجهاز باتجاه الشمس وتسجل متوسط زاوية الارتفاع H والزاوية الافقية من خط القاعدة الى الشمس، حيث تسجل متوسط القيمة من ثلاث قراءات في الاقل مأخوذة على الوجهين الى طرفي الشمس بشكل متناوب .

يسجل وقت لحظة تسجيل الرصدة الى اقرب دقيقة لاجل اخذ الميل δ من "التقويم النجمي". كما تسجل درجة الحرارة والضغط لاحتساب الانكسار. ويتم الحصول على خط عرض الراصد ϕ من خارطة او بواسطة الرصد. وهكذا يتم ايجاد الاضلاع الثلاثة للمثلث الفلكي ، اي الارتفاع المقاس من القطب (CO-ALT) والميل المقاس من القطب (CO-DEC) وخط العرض المقاس من القطب (CO-LAT)، ممكنة بذلك الحل بواسطة قانون جيب التمام COSINE RULE لايجاد الزاوية Z - انظر (المثال المحلول 4-17).

إن الفوائد الواضحة من استخدام نجم هي أن (I) التقاطع المباشر يكون ممكنا (II) ليس هنالك تصحيحات ضرورية عن اختلاف النظر او عن نصف القطر SEMI DIAMETER (III) إن وقت الرصد غير مطلوب طالما أن الميل ثابت لذلك اليوم (IV) من الممكن الرصد عند او بالقرب من الاستطالة ، والذي يمكن إثباته بأنه افضل شرط لتقليل تأثير الاخطاء في δ او H او ϕ .

## 4 - 6 - 2 قياس الوقت « اضافة الى خط الطول » من خلال الرصد الى الشمس او الى نجم

إن هذه التقنية مشابهة للتي سبقتها بالفارق في أن وقت الميقت المضبوط للرصدة يحل محل الارتفاع المقاس. ويمكن أن تكون القيمة التقريبية للارتفاع ضرورية (الى اقرب درجة) لاحتساب تصحيحات الجهاز .

من الوقت العالمي (UT) للرصدة ومن خط طول الراصد يتم احتساب الـ (LHA h) ويؤخذ الميل δ من التقويم النجمي. ثم يتم ايجاد خط العرض ϕ كما في الطريقة السابقة حيث يتم حل المثلث الفلكي بقانون الاربعة حدود FOUR PARTS FORMULA باستخدام h و δ و ϕ .

لقد تم سابقا شرح فوائد استخدام نجم بدل الشمس ، كما وأن تحليل الخطأ يظهر بأن تأثير الخطأ على الوقت هو بأصغر قيمة له عندما تكون S و δ تسعين درجة. وS ستكون 90° عندما يكون النجم في حالة استطالة و δ ستكون قريبة من 90° في حالة النجم القطبي بولارس او الثمن OCTANTIS. وهكذا تستخدم الرصدات الى النجوم القريبة من القطبين CIRUMPOLAR STARS قرب استطالتها عند طلب دقة عالية .

إذا استخدم بولارس وإذا كانت درجة الضبط البالغة 0.2° مقبولة فإن الحل السريع سيكون ممكنا من جداول النجم القطبي POLAR STAR TABLE في "التقويم النجمي"، حيث أن سمت بولارس سيساوي:

$$(\text{سمت بولارس}) = (b_0 + b_1 + b_2) \sec \phi$$

من الضروري معرفة الـ(LST) لأخذ $b_0$ ومعرفة خط العرض لأخذ $b_1$ ومعرفة الشهر من السنة لأخذ $b_2$.

هنالك فائدة اخرى من استخدام بولارس، وهي حركته البطيئة نسبيا في الفضاء بسبب دائرة دورانه الصغيرة حول القطب خلال 24 ساعة نجمية.

### 4 – 6 – 3 النجم عند اوبالقرب من استطالته

إذا تقرر رصد نجم في نفس لحظة الاستطالة(شكل4-11) سيتكون شكل مثلث كروي قائم الزاوية وفي هذه الحالة، وحيث أن $\delta$ و $\phi$ ستكونان معروفتان قبل الرصد فإنه من الممكن إجراء احتساب مسبق لوقت وسمت وارتفاع النجم من:

$$\sin H = \frac{\sin \phi}{\sin \delta} \qquad \sin Z = \frac{\cos \delta}{\cos \phi} \qquad \sin h = \frac{\cos H}{\cos \phi}$$

وباستخدام هذه المعلومات يصبح من الممكن نصب الجهاز قبل موعد الاستطالة ببضع دقائق. مع هذا، وحيث - نظريا - تحدث الاستطالة خلال لحظة فقط، ولما كان إجراء عدد من القراءات على الوجهين يتطلب الوقت، فإنه يفضل عموما رصد النجوم قرب الاستطالة باستخدام اية من الطريقتين آنفتي الذكر.

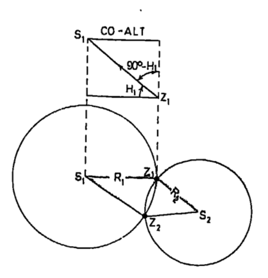
## 4 – 7 خطوط الموقع POSITION LINES

إن طريقة خطوط الموقع هي تقنية شبه تخطيطية-SEMI GRAPHICAL لتعيين خط العرض والطول. وهذه الطريقة تتطلب قياس كلا الوقت والارتفاع لنجمين في الافل زائدا الموقع التقريبي للراصد.

### 4 – 7 – 1 اساس الطريقة

تصور أن راصدا يقيس ارتفاع نجم موقعه في الفضاء ثابت. فإن أخذالراصد الان يحرك الجهاز الى عدد لانهائي من المواقع بحيث يبقى الارتفاع نفسه، فإنه سيرسم دائرة على سطح الارض، وسيكون مركز هذه الدائرة بمثابة مسقط النجم الشاقولي على الارض وسيكون نصف قطرها الزاوي مساويا الى الارتفاع المقاس من القطب CO-ALT (شكل 4-40). فإذا رصد نجمان سيكون هنالك دائرتان تتقاطعان في النقطتين $Z_1$ و $Z_2$ تمثل إحداهما موقع الراصد. أي أن هنالك فقط موقعين على سطح الارض يتساوى فيهما الارتفاع المقاس من القطب في لحظة معينة. وحيث أن الموقع التقريبي للراصد معروف فإنه من السهل

تحديد موقعه المضبوط .



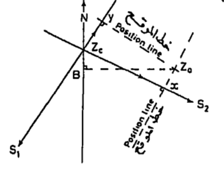

شكل 4-40

4-7-2 الطريقة

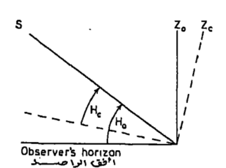
خذ الموقع $Z_1$ فقط. لإن القوسين المتقاطعين في الحيز القريب يرسمان بمقياس كبير ، وهكذا يظهران كأنهما خطان مستقيمان يسميان "خطا الموقع POSITION LINES" . والخطان $(Z_1S_1)$ و$(Z_2S_2)$ هما إتجاها او سمتا النجمين نسبة الى الراصد في $Z_1$ ، وهما عموديان على خطي الموقع.

وهكذا يتم قياس ارتفاعي ووقتي النجمين ، وباستخدام القيمة التقريبية لـ $\phi$و$(LHA\ h)$ و $\delta$ يجري حل المثلث الفلكي لايجاد السمت والارتفاع. فلكل من النجمين الان ارتفاع محتسب ومقاس إضافة الى السمت من الموقع التقريبي.

بعد ذلك نرسم دائرة خط الطولMERIDIAN ويتم إختيار النقطة Z عليها لتعيين الموقع التقريبي للراصد. فباستخدام منقلة زوايا يتم تأشير سمتي النجمين$(Z_cS_1)$ و$(Z_cS_2)$ - أنظر (الشكل 4-41).




شكل 4-41




شكل 4-42

يرسم خطا الموقع بحيث يصنعان زاوية 90° مع السمتين عند نقطتين ثابتتين باستخدام (الشكل 4-42). وهذا يشير الى أنه إذا كان الارتفاع المرصود $H_o$ اكبر من الارتفاع المحتسب $H_c$ فإن الموقع الصحيح للراصد $Z_o$ يكون باتجاه النجم مقاسا من الموقع التقريبي $Z_c$. ثم ترسم هذه المسافة ($Z_oZ_c$) التي هي دالة خطية لـ ($H_o-H_c$) بمقياس رسم معين باتجاه النجم مثبتة بذلك النقطة x في (الشكل 4-41). فبفرض أن ($H_o<H_c$) فإن المقطع INTERCEPT سيقاس من $Z_c$ بعيدا عن $S_1$ مثبتا بذلك النقطة y . ويرسم خطا الموقع من خلال x و y ليتقاطعا في $Z_o$ وهي الموقع الحقيقي للراصد. فهذا المخطط البسيط كالذي مبين في (الشكل 4-42) سيشير بسرعة إن كان المقطع مقاس بالاتجاه نحو $Z_c$ او منه.

إن المسافة ($Z_cB$) هي الفرق بخط العرض ($\Delta\phi$) بين الموقع التقريبي والموقع الحقيقي للراصد وهي تقاس من المخطط مباشرة. أما ($BZ_o$) فهو الفرق بخط الطول ($\Delta\lambda$). ولما كانت هذه ($\Delta\lambda$) مسافة متغيرة على سطح الارض بين خط الاستواء والقطب فإنها يجب أن تصحح كما يلي:

$$(\Delta\lambda) \text{ الحقيقية} = BZ_o \sec \phi$$

عند استخدام ثلاثة او اربعة نجوم فإن تقاطع خطوط الموقع يمكن أن يعطي مثلث خطأ او شكل رباعي للخطأ. ويكون الموقع المطلوب واقعا في مركز الدائرة المرسومة داخل هذا الشكل. وينصح الطالب الان بالاخذ بالمبادئ آنفة الذكر جنبا الى جنب مع دراسة دقيقة للامثلة المحلولة.

## امثلة محلولة

مثال 4-17: كانت متوسطات قيم رصد الشمس للسمت: متوسطا لارتفاع المرصود يساوي (38°21′55″) ومتوسط قراءة الدائرة الى الشمس تساوي (13°01′35″) ومتوسط قراءة الدائرة الى الهدف المرجعي (RT) تساوي (64°44′27″) ، والفرق بين قراءتي ميزان الطبق (الفقاعة) على الوجهين يساوي (+0.3) حيث أن التقسيم الواحد للفقاعة يساوي 20″، وخط عرض الراصد يساوي (51°25′18″) شمالا. وقد أخذت المعلومات الاضافية التالية من التقويم النجمي: الميل يساوي (3°01′36″) شمالا والانكسار (01′10″) واختلاف النظر 6″. اوجد سمت الخط الى الهدف المرجعي (RT) إذا كانت الشمس في الجنوب الشرقي في لحظة الرصد.

ماذا سيكون تأثير الخطأ في الارتفاع المقاس على السمت ؟ وماذا ستشير معادلة الخطأ الناتجة ؟
(بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

| | |
|---|---|
| الارتفاع المرصود(اي المقاس): | = 38°21′55″ |
| الانكسار: | = −01′10″ |
| إختلاف النظر: | = + 6″ |
| ∴ الارتفاع المصحح H يساوي: | H = 38°20′51″ |

اما بقية عناصر المثلث الفلكي فهي معطاة ، اي خط العرض $\phi$ والميل $\delta$ مما يسمح بحله بقانون جيب التمام. وعلى الطالب الان رسم المثلث الفلكي (PZS) وتأشير العناصر المختلفة عليه.

$$\cos(\text{co-dec}) = \cos(\text{co-lat})\cos(\text{co-alt}) + \sin(\text{co-lat})\sin(\text{co-alt})\cos \hat{Z}$$

$$\therefore \cos \hat{Z} = \frac{\sin\delta - \sin\phi\sin H}{\cos\phi\cos H} = \frac{\sin 3°\,01'\,36'' - \sin 51°\,28'\,18'' \sin 38°\,20'\,51''}{\cos 51°\,28'\,18'' \cos 38°\,20'\,51''}$$

$$\therefore \hat{Z} = 152°\,09'\,10''$$

هذه هي الزاوية(PZS) ، لكنها ايضا تمثل سمت الشمس لان الشمس هي في الجنوب الشرقي. والزاوية بين الشمس والهدف المرجعي (RT) باتجاه عقرب الساعة تساوي (51°42′52″). إذن سمت (RT) يساوي (203°52′02″).

ويتم الحصول على تأثير الخطأ في الارتفاع - إعتياديا - بإجراء التفاضل على المعادلة الرئيسية بالنسبة لـH:

$$\cos \hat{Z} = \frac{\sin\delta - \sin\phi\sin H}{\cos\phi\cos H}$$

$$\therefore -\sin Z\,\delta Z = \frac{\cos\phi\cos H(-\sin\phi\cos H) - (\sin\delta - \sin\phi\sin H)(-\cos\phi\sin H)\,\delta H}{\cos^2\phi\cos^2 H}$$

$$= \frac{-\sin\phi\cos^2 H + \sin\delta\sin H - \sin\phi\sin^2 H\,\delta H}{\sin Z\cos\phi\cos^2 H}$$

ومن قانون جيب التمام:

$$\sin\phi - \sin\delta\sin H = \cos\delta\cos H\cos S$$

$$\therefore \delta Z = \frac{\cos\delta\cos H\cos S\,\delta H}{\sin A\cos\phi\cos^2 H}$$

من قانون الجيوب:

$$\sin A\cos\phi = \sin S\cos\delta$$

$$\therefore \delta Z = \frac{\cos\delta\cos H\cos S\,\delta H}{\sin A\cos\phi\cos^2 H} = S\sec H\,\delta H$$

وهذا يشير الى ان(δZ) ستكون بأقل قيمة عندما تقترب S من90°. اي ان الشمس او النجم هي او هو بحالة استطالة وان H هو ارتفاع واطئ.

مثال 4-18: شوهد النجم القطبي بولارس من موقع ذي خط طول (″15′20°80) غربا لاجل ايجاد خط عرض الموقع وسمت الخط من الجهاز الى الهدف المرجعي (RT)، ومدرج ادناه متوسطات الاوقات والزوايا :

| متوسط وقت كرنج (GMT) | متوسط الارتفاع ° ′ ″ | الزاوية الافقية ° ′ ″ | إتجاه الرصد |
|---|---|---|---|
| - - - | - - - | 246 13 22 | RT |
| 05H 01M 43.6S | 42 31 40 | 63 41 16 | بولارس |

ايضا ميل النجم القطبي بولارس يساوي (″24′04°89) شمالا و(RA) للنجم القطبي يساوي (1H 55M 49.2S). ثم (R=GST−GMT=18H 17M 18S). وتصحيح الانكسار(″03′1−).

اوجد خط عرض الموقع وسمت الخط الى الهدف المرجعي.
(جامعة لندن)

الحل

إن هذا السؤال يعطي قيم H و δ ، والمطلوب حل المثلث الفلكي لايجاد Z وφ. وعليه فمن الواضح أن المطلوب هو عنصر آخر للمثلث والذي يجب أن يكون((LHA(h).

أنشيء مخطط الوقت (شكل 4-43) مبينا فيه Z باتجاه غربا .و(GMT)يثبت موقع Me و (R=18H 17M 18S)(5H 21M 21S) وهكذا(RAMS=6H 17M 18S) مقاسا في الحقيقة بعكس اتجاه عقرب الساعة من ♈ الى M ، يثبت الموقع النسبي لـ ♈ .ثم (RA) لبولارس يثبت موقع S ، وأن(LHA) هي(ZS).

من (الشكل 4-43: $\Upsilon G=12h-(GMT+RAMS)=0h\ 40m\ 58.4s$
$\therefore LHA(h)=(\text{خط الطول})+\Upsilon G+RA=7h\ 58m\ 08.6sE$
$\therefore\ h=119°32'01''\ E$
الارتفاع المصحح H يساوي (″37′30°42) والميل δ يساوي (″24′04°89).
والان بواسطة قانون الجيوب:

$$\sin Z=\frac{\sin h\sin(90°-\delta)}{\sin(90°-H)}=\frac{\sin h\cos\delta}{\cos H}=\frac{\sin 119°\,32'\,09''\cos 89°\,04'\,24''}{\sin 42°\,30'\,37''}$$

$\therefore\ Z=1°11'35.6''$ (شرقا كما تشير اليه الـ(LHA))
إذن الزاوية من النجم بولارس باتجاه عقرب الساعة الى (RT) تساوي(″06′32°182).
إذن سمت (RT) يساوي (″41.6′43°183).

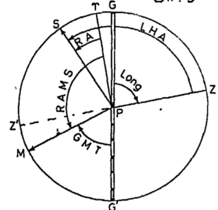
ويمكن الان ايجاد خط العرض باستخدام (المعادلة 8-14) لـ"النجوم القريبة من القطبين"- أنظر(الفقرة 4-5-3). وحيث أن زاوية السمت هي متوفرة يمكن حل المثلث الفلكي باستخدام:

$$\tan\tfrac{1}{2}(x+y)=\frac{\cos\frac{1}{2}(X-Y)}{\cos\frac{1}{2}(X+Y)}\times\tan\left(\frac{Z}{2}\right)$$

وتستخدم هذه المعادلة عموما جنبا الى جنب مع:

$$\tan \tfrac{1}{2}(x - y) = \frac{\sin \tfrac{1}{2}(X - Y)}{\sin \tfrac{1}{2}(X + Y)} \times \tan\left(\frac{Z}{2}\right)$$

عندما يكون كلا الضلعين x و y مطلوبين.




شكل 4-43

فاستخدام المعادلة الاولى يعطي:

$$\tan \tfrac{1}{2}(\text{co-alt} + \text{co-dec}) = \frac{\cos \tfrac{1}{2}(\hat{h} - \hat{Z})}{\cos \tfrac{1}{2}(\hat{h} + \hat{Z})} \times \tan \tfrac{1}{2}(\text{co-lat})$$

$$\therefore \frac{\tan 24^\circ 12' 30'' \cos 60^\circ 21' 52''}{\cos 59^\circ 10' 16''} = \tan \tfrac{1}{2}(90^\circ - \phi)$$

$$\therefore (90^\circ - \phi) = 46^\circ 54' 12''$$

إذن خط العرض $\phi$ يساوي:

$$\therefore \text{Latitude } \phi = 43^\circ 05' 48'' \text{ N}$$

مثال 4-19: اجريت قراءات من محطة مزواة الى كل من طرفي الشمس الطالعة RISING SUN وكذلك الى هدف مرجعي. وكان خط عرض المحطة(50°29′25″) شمالا قد وجد سابقا. والجدول ادناه يعطي متوسط القيم للقراءات المأخوذة:

| إتجاه الرصد | الدائرة الافقية ° | ′ | ″ | الارتفاع المقاس ° | ′ | ″ | متوسط وقت كرنج(GMT) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الشمس | 215 | 44 | 55 | 30 | 43 | 45 | 15h 32m 18.6s |
| RT | 043 | 31 | 15 | – | – | – | – – – |

كانت القيمة الملائمة لـ E تساوي (11h 59m 20s) وكان تصحيحا الانكسار واختلاف النظر (1′38″) و (8″) على التوالي. وكان ميل الشمس (90°00′40″N). اوجد خط طول المحطة وسمت الخط الذي يصل بين المحطة والـ(RT).
(جامعة لندن)

الحل

الارتفاع المصحح H: H=30°43′45″−1′38″+8″=30°42′15″

خط العرض $\phi$: =50°29′25″

الميل δ: = 9°00′40″

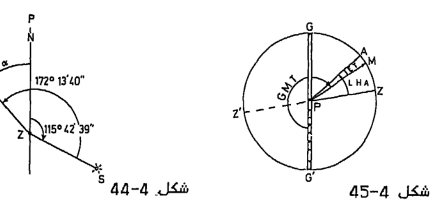
وهكذا بمعرفة الثلاثة اضلاع للمثلث الفلكي يمكن ايجاد زاوية السمت A في Z والـ(LHA(h)). فبواسطة قانون جيب التمام:

$$\cos(90° - \delta) = \cos(90° - \phi)\cos(90° - H) + \sin(90° - \phi)\sin(90° - H)\cos A$$

$$\therefore\ \cos A = \frac{\sin\delta - \sin\phi\sin H}{\cos\phi\cos H} = \frac{\sin 9°\,00'\,40'' - \sin 50°\,29'\,25''\sin 30°\,42'\,15''}{\cos 50°\,29'\,25''\cos 30°\,42'\,15''}$$

$$\therefore\ \cos A = -0.433\,829 \qquad A = 115°\,42'\,39''$$

وهذه الزاوية يمكن قياسها ببساطة شرقا او غربا من الشمال، مع ذلك ، فالسؤال يذكر بأن الشمس الطالعة كانت قد شوهدت من خط عرض شمالي ، وعليه فإن الشمس يجب ان تكون في الجنوب الغربي (شكل 4-44).




شكل 4-44

شكل 4-45

إذن سمت الهدف المرجعي(RT):

$= N\alpha W = N56°31'01''W = 307°28'59''$

وتطبيق ثاني لقانون جيب التمام سيعطي الآن h:

$$\cos h = \sin H - \sin\phi\sin\delta/\cos\phi\cos\delta = 0.620\,292$$

$$\therefore\ h = 38°\,20'15'' = 2\text{ h }33\text{ m }21\text{ s E}$$

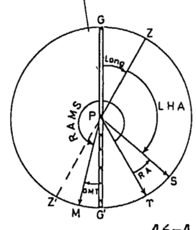
والآن انشىء مخطط الوقت (شكل 4-45) بـ(GG′) كدائرة خط طول كرنج. فـ(GMT) يعين موقع M (متوسط الشمس) و (E=12h-ET). هذا وأن (ET=40″) ، وهكذا فإن M تسبق A (الشمس الحقيقية) بهذا المقدار. وحيث أن (LHA(h)) هي شرق خط زوال الراصد فإن هذا يثبت موقع Z في الغرب ، وكما هو مبين .

$$\begin{aligned}\therefore\ \text{Longitude } GZ &= GM - AM + AZ\\ &= 3\text{ h }32\text{ m }18.6\text{ s} - 40\text{ s} + 2\text{ h }33\text{ m }21\text{ s}\\ &= 6\text{ h }04\text{ m }59.6\text{ s W}\\ &= 91°\,14'\,46.3''\text{ W}\end{aligned}$$

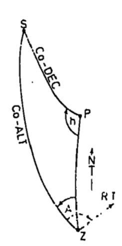
مثال 4-20: إن متوسطات قيم الوقت وقراءات الدائرتين الافقية والعمودية لرصدة على النجم بولارس معطاة من الجدول ادناه ، وقد تم تصحيح الزاوية الشاقولية عن الانكسار. وكانت R في وقت الرصد(10h 47m 06.8s) وكانت (RA) تساوي(1h 55m 26.3s). وميل بولارس(89°04′52″N).

| إتجاه الرصد | متوسط الزاوية الشاقولية المصححة ° ′ ″ | متوسط الزاوية الافقية ° ′ ″ | متوسط وقت كرنج (GMT) |
|---|---|---|---|
| الهدف | - - - | 213 04 35 | - - - |
| النجم | 43 43 00 | 146 38 20 | 0h 33m 30.7s |

فإذا افترض بأن خط طول المحطة يساوي (21° 52′ 40″ W) ، اوجد سمت الخط الواصل بين محطة المزواة والـ(RT). (جامعة لندن)




شكل 4-46




شكل 4-47

الحل

H و δ هما العنصران الوحيدان من المثلث الفلكي المعطيان بشكل مباشر، وهكذا هنالك عنصر آخر مطلوب وهو بديهيا الـ(LHA(h)). وعليه فمن (الشكل 4-46): خط الطول يثبت موقع Z و Z′ ، ثم (GMT) يثبت موقع M (متوسط الشمس) ، وأن (R=10h 47m 06.8s) ، وعليه فإن (RAMS=22h 47m 06.8s) يثبت ♈ . ايضا فإن المطلع المستقيم (RA) يثبت موقع S (بولارس).

$\therefore\ \Upsilon G' = 24\,h - (RAMS + GMT) = 0\,h\ 39\,m\ 23.3\,s$

ايضا : $LHA\ (h) = ZS = 12\,h - \Upsilon G' - RA$ -(خط الطول)

$= 8\,h\ 01\,m\ 40\,s\ W = 120°\ 25'\ 00''\ W$ .

ويمكن الان حل المثلث الفلكي الناتج (شكل 4-47) بقانون الجيوب:

$$\sin A = \frac{\sin h \sin(90° - \delta)}{\sin(90° - H)} = \frac{\sin h \cos \delta}{\cos H}$$

$$\therefore\ \sin A = \frac{\sin 120°\ 25'\ 00'' \times \cos 89°\ 04'\ 52''}{\cos 43°\ 43'\ 00''} = 0.019\,135$$

∴ A=01° 05′ 47″ ((LHA) غرب الشمال وكما هو معرف بالـ)

من الزوايا الافقية المعطاة ؛ الهدف المرجعي يساوي (66° 26′ 15″) باتجاه عقرب الساعة من النجم (شكل 4-47).

إذن سمت الهدف المرجعي (RT):
$= 66°26'15" - 01°05'47" = 65°20'28"$

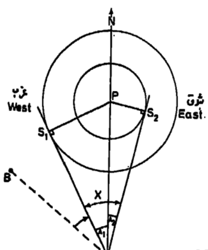
مثال 4-21: رصد نجمان بحالة استطالة من المحطة A الواقعة على خط عرض شمالي وكما يلي:

| النجم | الميل ° ′ ″ | الزاوية من (AB) باتجاه عقرب الساعة |
|---|---|---|
| $S_1$ | + 56 40 50 (في الغرب) | 20° 10′ 19″ |
| $S_2$ | + 76 07 48 (في الشرق) | 104° 17′ 10″ |

اوجد سمت (AB) ومن ثم اوجد خط العرض. (جامعة لندن)

الحل

حيث لم يعط خط العرض ∅ في السؤال فإنه من غير الممكن ايجاد سمت النجمين من $(\sin Z = \cos\delta / \cos\phi)$ وايجاد متوسطهما. وتتبع الطريقة التالية لانها تستبعد ∅، وعليه فهي لا تتأثر بالخطأ الموجود في ∅ وهي إذن اكثر ضبطا. وهذه الحالة هي مبينة في (الشكل 4-48).




شكل 4-48

$$\sin A_1 = \cos\delta_1/\cos\phi \qquad \sin A_2 = \cos\delta_2/\cos\phi$$

$$\therefore \sin A_1/\sin A_2 = \cos\delta_1/\cos\delta_2 = K$$ (كمية ثابتة معلومة)

والان:
$$A_1 + A_2 = X$$

ثم:
$$\sin A_1 = \sin(X - A_2) = \sin X\cos A_2 - \cos X\sin A_2$$

ولكن:
$$\sin A_1 = K\sin A_2$$

$$\therefore K = \sin X\cot A_2 - \cos X$$

$$\therefore \cot A_2 = \frac{K + \cos X}{\sin X}$$

ولكن:

$$K = \frac{\cos 56° 40' 50''}{\cos 76° 07' 48''} = 2.291\,453$$

ومن (الشكل 4-48):

$X = 104° 17' 10'' - 20° 10' 19'' = 84° 06' 51''$

$$\therefore \cot A_2 = \frac{2.291\,453 + \cos 84° 06' 51''}{\sin 84° 06' 51''}$$

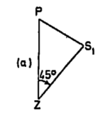
$\therefore A_2 = 22° 33' 48''$ (سمت $S_1$)

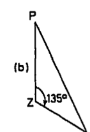
إذن سمت (AB):

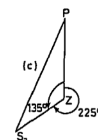
$= 22° 33' 48'' - 104° 17' 10'' = 278° 16' 38''$

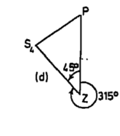
مثال 4-22: تقرر رصد اربعة نجوم من موقع ذي خط عرض 52° شمالا وخط طول 1° غربا لتثبيت خط موقع POSITION LINE. يفترض بأن لكل من النجوم ارتفاع يقترب من 50° وأن سموتهم هي 45° و 135° و 225° و 315° تقريبا. فإذا افترض بأن وقت الرصد كان حوالي الساعة 01(GMT) عندما كانت القيمة التقريبية لـ (R=(GST-GMT)) حوالي (8h34m).
اوجد الميل δ الى اقرب درجة والمطلع المستقيم للنجوم الى اقرب 5 دقائق. إن لاقرب نجم ملائم للرصدة الجنوبية الشرقية مطلع مستقيم مقداره (11h12m) وميل (20° 44' N). في أي (GMT) تقريبا سيكون ارتفاعه 50° وماذا سيكون سمته التقريبي ؟
تعتبر درجة الضبط ACCURACY بثلاثة ارقام ملائمة في هذا السؤال. (جامعة لندن)

الحل










شكل 4-49

إن (الشكل 4-49) يوضح سموت النجوم الاربعة ويبين بأن حل المثلث الفلكي سيكون متشابها للنجمين $S_1$ و $S_4$ وايضا للنجمين $S_2$ و $S_3$. وبالاضافة الى ذلك فإن خط العرض والارتفاع قد أعطيا ، وعليه ، فمن قانون جيب التمام:

$$\sin \delta = \sin H \sin \phi + \cos H \cos \phi \cos A$$

النجمان $S_1$ و $S_4$:

$$\sin \delta = \sin 50° \sin 52° + \cos 50° \cos 52° \cos 45°$$
$$\therefore \delta = 19° \text{ N}$$

النجمان $S_2$ و $S_3$:

$$\sin \delta = \sin 50° \sin 52° + \cos 50° \cos 52° \cos 135°$$
$$\therefore \delta = 62° \text{ N}$$

ولايجاد المطلع المستقيم ، يجب احتساب زاوية الساعة للنجوم اولا.
النجمان $S_1$ و $S_4$ (باستخدام المعادلة ذات الاربعة حدود)؛

$$\sin A \cot h = \sin(90° - \phi)\cot(90° - H) - \cos(90° - \phi)\cos A$$

$$\therefore\ \cot h = \frac{\cos 52° \tan 50° - \sin 52° \cos 45°}{\sin 45°}$$

إذن $h$ تساوي 76° اي (5h 5m) شرقاً بالنسبة لـ $S_1$ و غربا بالنسبة لـ $S_4$.

النجمان $S_2$ و $S_3$:

$$\cot h = \frac{\cos 52° \tan 50° - \sin 52° \cos 135°}{\sin 135°}$$

إذن $h$ تساوي (1h 55m) شرقا بالنسبة لـ $S_2$ و غربا بالنسبة لـ $S_3$ .

ولايجاد المطلع المستقيم ، انشيء مخطط الوقت بالطريقة الاعتيادية (شكل 4-50).

خط الطول (4m W) يثبت Z نسبة الى G و (GMT) مقاسا باتجاه عقرب الساعة من الجهة المقاطرة ANTIPODES يثبت M ، و (R=8h 34m) ، وهكذا فإن (RAMS=20h 34m) التي تفيد في تعيين موقع ♈ . أما بالنسبة للنجم $S_1$ ، فإن (LHA) ذات القيمة (5h 5m) شرقا مقاسة من Z ستثبت $S_1$ ، وعليه فإن المطلع المستقيم لـ $S_1$ هي الزاوية المقاسة بعكس اتجاه عقرب الساعة من ♈.

$MZ = 11h\ 4m$

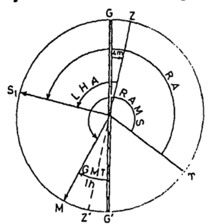
$\therefore\ Z♈ = RAMS - MZ = 9h\ 30m$

إذن المطلع المستقيم لـ $S_1$ يساوي: $= Z♈ + LHA = 14\,h\ 35\,m$

وحيث أن (LHA) لـ $S_4$ تساوي (5h 5m) غربا فإن المطلع المستقيم لـ $S_4$: $=14h\ 35m - 10h\ 10m = 4h\ 25m$

يمكن تثبيت النجمان $S_2$ و $S_3$ على الشكل باستخدام زاوية الساعة لكل منهما .

$\therefore$ RA of $S_2 = 11\,h\ 25\,m$ RA of $S_3 = 7\,h\ 35\,m$




شكل 4-50

إذن المطلع المستقيم لـ $S_2$ يساوي ( 11h 25m ) والمطلع المستقيم لـ $S_3$ يساوي ( 7h 35m ).

في الجزء الثاني من السؤال تتغير قيمة $\delta$ بالنسبة لـ $S_2$ :

$$\cos A = \frac{\sin\delta - \sin H \sin\phi}{\cos H \cos\phi} = \frac{\sin 20° 44' - \sin 50° \sin 52°}{\cos 50° \cos 52°}$$

$$\therefore\ A = 129°$$

وبنفس الطريقة :

$$\cos h = \frac{\sin 50° - \sin 20° 44' \sin 52°}{\cos 20° 44' \cos 52°} \qquad \therefore\ h = 2\ \text{h}\ 05\ \text{m E}$$

ويجب على الطالب محاولة عمل مخطط وقت لنفسه باستخدام (R=8h 34m) و (RA=11h 12m) و ( h=2h 05m) معطيا بذلك (GMT=0h 37m).

مثال 4-23: أخذت رصدات على اربعة نجوم لتعيين خط عرض وخط طول محطة كان موقعها المفترض ( ′30°50) شمالا و ( ′104°37) غربا . وقد أحتسبت السموت والارتفاعات لاوقات الرصد على أساس الموقع المفترض، وهذه القيم هي مدرجة ادناه مع الارتفاع المقاس. صحح الارتفاع المقاس باستخدام جدول الانكسار. ثم ارسم على ورق بياني خطوط الموقع ومن ثم قدر خط العرض وخط الطول لهذه المحطة.

| النجم | السمت المحتسب ° ′ | الارتفاع المحتسب ° ′ ″ | الارتفاع المرصود ° ′ ″ |
|---|---|---|---|
| 1 | 042 15 | 53 27 41 | 53 28 30 |
| 2 | 148 10 | 48 10 51 | 48 12 16 |
| 3 | 245 45 | 49 21 24 | 49 22 03 |
| 4 | 319 30 | 54 59 35 | 54 59 52 |

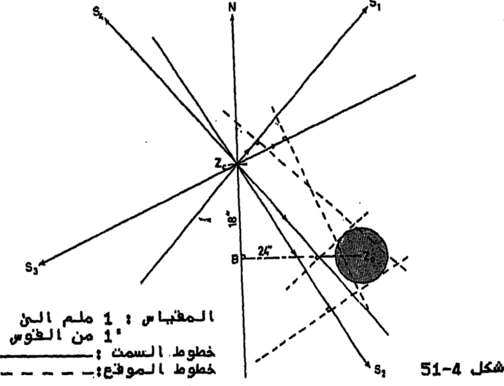
| الارتفاع | 47° 55′ | | 48° 28′ | | 49° 01′ | | 49° 35′ | | 50° 10′ | | 50° 45′ | | 51° 21′ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ″م, الانكسار | | 52 | | 51 | | 50 | | 49 | | 48 | | 47 | |

| الارتفاع | 51° 21′ | | 51° 58′ | | 52° 35′ | | 53° 12′ | | 53° 50′ | | 54° 29′ | | 55° 09′ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ″م, الانكسار | | 46 | | 45 | | 44 | | 43 | | 42 | | 41 | |

(جامعة لندن)

الحل

| النجم | الارتفاع المرصود ° ′ ″ | الانكسار ″م | الارتفاع المرصود المصحح ° ′ ″ | الارتفاع المحتسب ° ′ ″ | الفرق ″ | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 53 28 30 | -43 | 53 27 47 | 53 27 41 | +6 | باتجاه النجم |
| 2 | 48 12 16 | -52 | 48 11 24 | 48 10 51 | +33 | باتجاه النجم |
| 3 | 49 22 03 | -50 | 49 21 13 | 49 21 24 | -11 | بعيدا عنه |
| 4 | 54 59 52 | -41 | 54 59 11 | 54 59 35 | -24 | بعيدا عنه |




شكل 4-51

والان نرسم هذه الفروقات المدرجة اعلاه كما هو مبين في (الفقرة 4-7-2) لتعطي (الشكل 4-51) الذي يستنتج منه بان الفرق في خط العرض هو (ZeB) ويساوي "18 .

لإذن خط عرض الراصد : $\phi = 50°30' - 18" = N\ 50°29'42"$
والفرق بخط الطول : $BZ\ SEC\ \phi = 24"\ SEC\ 50°29'42" = 37"$
لإذن خط طول الراصد : $= 104°37' - 37" = 104°36'23"W$

ويجب على الطالب ملاحظة طريقة حل الشكل الرباعي للخطأ باستخدام دائرة مركزها $Z_0$ .

## تمارين

4-7 لاجل تعيين سمت الخط المساحي(XY)،نصبت مزواة في X غرب كرنج ، واخذت رصدة بعد الظهر على الشمس ، إضافة الى خط الزوال . اوجد سمت الخط باستخدام المعلومات التالية :
الارتفاع المصحح لمركز الشمس يساوي("11'38°17) ومتوسط وقت كرنج للرصدة يساوي(15h 18m 14s) وميل الشمس عند متوسط نصف ليل كرنج (GMM) السابق يساوي ("9°46'47.8) جنوبا يتناقص بمقدار "1327 لكل يوم . وخط عرض المحطة X يساوي (N"25'32°51) والزاوية الافقية من الشمس الى المحطة Y تساوي ("28'26°55) مقاسة باتجاه عقرب الساعة . [الجواب : "48'35°282] (جامعة لندن)

4-8 اوجد متوسط وقت كرنج (GMT) التقريبي الذي سيصل فيه نجم ميله (29°50′N) ومطلعه المستقيم(8h 38m 36s) ارتفاعا مصححا مقداره 30° على الجانب الشرقي من خط الزوال بخط عرض مقداره (52°10′N) وخط طول (1h 30mE) عندما يكون (GST) لـ(GMM) مساويا (1h 25m 15s) .
( جامعة لندن)

[ الجواب : 0h 29m 44s ]

4-9 باستخدام المعادلة المعطاة (او اية معادلة أخرى تعرفها) والمعلومات المدرجة ادناه ، اوجد سمت (RO) من موقع الراصد :
متوسط الارتفاع المرصود H للطرف السفلي للشمس في السماء الشرقية يساوي (30°51′43″) وخط العرض $\phi$ يساوي (51°24′00″N) ، والميل $\delta$ يساوي (5°30′00″N) و($P=90°-\delta$) والتصحيح عن الانكسار يساوي (1′14″) والتصحيح عن نصف القطر يساوي (15′24″) والتصحيح عن اختلاف النظر يساوي 7″ والزاوية الافقية المقاسة باتجاه عقرب الساعة من (RO) الى الشمس تساوي (86°40′30″) .
المعادلة هي : $\tan \frac{1}{2}A = [\sec s \sin(s-H) \sin(s-\phi) \sec(s-P)]^{\frac{1}{2}}$
حيث أن ( $s = \frac{1}{2}(H+\phi+P)$ )
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[ الجواب : 77°10′24″ ]

4-10 إشرح - باستخدام مخطط - كيف تعلم أن نجم ما سيكون في حالة استطالة عند النظر اليه من خط عرض معين .

نجم ميله (61°57′24″) شمالا ، رصد بالاستطالة الشرقية من النقطة A التي هي على خط عرض (43°58′12″) شمالا ، وكانت الزاوية الافقية من النجم الى النقطة B باتجاه عقرب الساعة عند الاستطالة مساويا (83°12′12″). جد سمت B من A. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب : 123°59′23″]

4-11 أخذت القراءات التالية من محطة على خط الطول (6°30′00″) غربا .

| إتجاه الرصد | متوسط الزاوية الافقية ° ′ ″ | متوسط الارتفاع ° ′ ″ | متوسط وقت كرنج (GMT) H M S |
|---|---|---|---|
| RO | 246 18 32 | -- -- -- | -- -- ---- |
| بولارس | 13 37 40 | 55 08 20 | 23 44 52.1 |

وكانت قيمة R في وقت الرصد - مأخوذة من التقويم النجمي - تساوي (8h 31m 21.4s) ، وكان المطلع المستقيم (2h00m16.1s) وميل بولارس (89°07′03″N) .

طبق تصحيح انكسار قيمته 41″ على الارتفاع ، ثم

اوجد خط عرض المحطة وسمت الخط الذي يصل بين المحطة وال (RO) . ( جامعة لندن )
[ الجواب : (52°42′04"N) و(227°08′20") ]

12-4 من محطة O الواقعة على خط عرض(51° 38′24"N) اخذت القراءات التالية الى الشمس حيث شوهدت في السماء الغربية ، وقد اجريت كافة التصحيحات ، كما وان القراءات تنطبق على مركز الشمس في لحظة القراءة : متوسط الارتفاع المصحح يساوي (30°19′20") ومتوسط قراءة الدائرة الافقية لـ A تساوي (0°00′00") ومتوسط قراءة الدائرة الافقية للشمس تساوي (225°02′39") وميل الشمس (23°18′24"N) و(GMT) للرصدة يساوي(16h39m29.4s) كما وان (E = 11h59m41.9s) .
اوجد خط طول O وسمت (OA) . (جامعة لندن)
[ الجواب : (0°00′55.7" E) و (14°55′51") ]

13-4 تعود المعطيات التالية الى قراءات الى نجم السماك الرامح ARCTURUS الذي شوهد في السماء الغربية من المحطة O الواقعة على خط عرض (51° 38′24"N): متوسط الارتفاع المصحح يساوي (47°11′05") ومتوسط قراءة الدائرة الافقية على A تساوي (220°36′04") ومتوسط قراءة الدائرة الافقية على النجم (80°10′10") وميل النجم (19°23′57"N) ومطلع المستقيم (14h 13m 47.2s) والوقت العالمي للرصدة يساوي (23h02m15.4s) كما وان (R = 17h 34m 51.6s) .
اوجد خط طول O وسمت (OA) . (جامعة لندن)
[الجواب : (0°00′58.2"E) و (339°46′10") ]

14-4 مدرج ادناه المعلومات الخاصة بتعيين موقع محطة من قراءات الى اربعة نجوم :

| النجم | الارتفاع المقاس ° ′ ″ | الانكسار ″ | السمت المحتسب ° ′ | الارتفاع المحتسب ° ′ ″ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 55 12 11 | 40 | 061 30 | 55 11 48 |
| 2 | 66 48 20 | 25 | 129 30 | 66 48 23 |
| 3 | 47 35 56 | 53 | 215 00 | 47 35 03 |
| 4 | 49 08 43 | 50 | 326 40 | 49 07 39 |

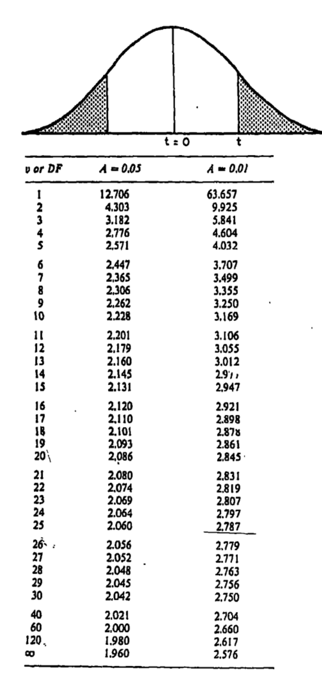
ما هو خط العرض الصحيح وخط الطول الصحيح للمحطة إذا علمت بان الموقع المفترض للمحطة هو (29°20′ N) ر (30°00′ E) ؟ (جامعة لندن)
[الجواب : (29°20′10"N) و (29°59′37"E)]

<<<<<<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>>>

# الملحق

الجـــدول A ـ 1

توزيـــع "t" للطالب




| ν or DF | A = 0.05 | A = 0.01 |
|---|---|---|
| 1 | 12.706 | 63.657 |
| 2 | 4.303 | 9.925 |
| 3 | 3.182 | 5.841 |
| 4 | 2.776 | 4.604 |
| 5 | 2.571 | 4.032 |
| 6 | 2.447 | 3.707 |
| 7 | 2.365 | 3.499 |
| 8 | 2.306 | 3.355 |
| 9 | 2.262 | 3.250 |
| 10 | 2.228 | 3.169 |
| 11 | 2.201 | 3.106 |
| 12 | 2.179 | 3.055 |
| 13 | 2.160 | 3.012 |
| 14 | 2.145 | 2.9[illegible] |
| 15 | 2.131 | 2.947 |
| 16 | 2.120 | 2.921 |
| 17 | 2.110 | 2.898 |
| 18 | 2.101 | 2.878 |
| 19 | 2.093 | 2.861 |
| 20 | 2.086 | 2.845 |
| 21 | 2.080 | 2.831 |
| 22 | 2.074 | 2.819 |
| 23 | 2.069 | 2.807 |
| 24 | 2.064 | 2.797 |
| 25 | 2.060 | 2.787 |
| 26 | 2.056 | 2.779 |
| 27 | 2.052 | 2.771 |
| 28 | 2.048 | 2.763 |
| 29 | 2.045 | 2.756 |
| 30 | 2.042 | 2.750 |
| 40 | 2.021 | 2.704 |
| 60 | 2.000 | 2.660 |
| 120 | 1.980 | 2.617 |
| ∞ | 1.960 | 2.576 |

## الجـــدول A ـ 2

### توزيـع ( F ) : مســتوى معنويــة (1٪)

| درجات الحرية للمقام | درجات الحرية للبسط | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 4052 | 5000 | 5403 | 5625 | 5764 | 5859 | 5928 | 5982 | 6023 |
| 2 | 98.5 | 99.0 | 99.2 | 99.2 | 99.3 | 99.3 | 99.4 | 99.4 | 99.4 |
| 3 | 34.1 | 30.8 | 29.5 | 28.7 | 28.2 | 27.9 | 27.7 | 27.5 | 27.3 |
| 4 | 21.2 | 18.0 | 16.7 | 16.0 | 15.5 | 15.2 | 15.0 | 14.8 | 14.7 |
| 5 | 16.3 | 13.3 | 12.1 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 |
| 6 | 13.7 | 10.9 | 9.78 | 9.15 | 8.75 | 8.47 | 8.26 | 8.10 | 7.98 |
| 7 | 12.2 | 9.55 | 8.45 | 7.85 | 7.46 | 7.19 | 6.99 | 6.84 | 6.72 |
| 8 | 11.3 | 8.65 | 7.59 | 7.01 | 6.63 | 6.37 | 6.18 | 6.03 | 5.91 |
| 9 | 10.6 | 8.02 | 6.99 | 6.42 | 6.06 | 5.80 | 5.61 | 5.47 | 5.35 |
| 10 | 10.0 | 7.56 | 6.55 | 5.99 | 5.64 | 5.39 | 5.20 | 5.06 | 4.94 |
| 11 | 9.65 | 7.21 | 6.22 | 5.67 | 5.32 | 5.07 | 4.89 | 4.74 | 4.63 |
| 12 | 9.33 | 6.93 | 5.95 | 5.41 | 5.06 | 4.82 | 4.64 | 4.50 | 4.39 |
| 13 | 9.07 | 6.70 | 5.74 | 5.21 | 4.86 | 4.62 | 4.44 | 4.30 | 4.19 |
| 14 | 8.86 | 6.51 | 5.56 | 5.04 | 4.70 | 4.46 | 4.28 | 4.14 | 4.03 |
| 15 | 8.68 | 6.36 | 5.42 | 4.89 | 4.56 | 4.32 | 4.14 | 4.00 | 3.89 |
| 16 | 8.53 | 6.23 | 5.29 | 4.77 | 4.44 | 4.20 | 4.03 | 3.89 | 3.78 |
| 17 | 8.40 | 6.11 | 5.19 | 4.67 | 4.34 | 4.10 | 3.93 | 3.79 | 3.68 |
| 18 | 8.29 | 6.01 | 5.09 | 4.58 | 4.25 | 4.01 | 3.84 | 3.71 | 3.60 |
| 19 | 8.19 | 5.93 | 5.01 | 4.50 | 4.17 | 3.94 | 3.77 | 3.63 | 3.52 |
| 20 | 8.10 | 5.85 | 4.94 | 4.43 | 4.10 | 3.87 | 3.70 | 3.56 | 3.46 |
| 21 | 8.02 | 5.78 | 4.87 | 4.37 | 4.04 | 3.81 | 3.64 | 3.51 | 3.40 |
| 22 | 7.95 | 5.72 | 4.82 | 4.31 | 3.99 | 3.76 | 3.59 | 3.45 | 3.35 |
| 23 | 7.88 | 5.66 | 4.76 | 4.26 | 3.94 | 3.71 | 3.54 | 3.41 | 3.30 |
| 24 | 7.82 | 5.61 | 4.72 | 4.22 | 3.90 | 3.67 | 3.50 | 3.36 | 3.26 |
| 25 | 7.77 | 5.57 | 4.68 | 4.18 | 3.86 | 3.63 | 3.46 | 3.32 | 3.22 |
| 30 | 7.56 | 5.39 | 4.51 | 4.02 | 3.70 | 3.47 | 3.30 | 3.17 | 3.07 |
| 40 | 7.31 | 5.18 | 4.31 | 3.83 | 3.51 | 3.29 | 3.12 | 2.99 | 2.89 |
| 60 | 7.08 | 4.98 | 4.13 | 3.65 | 3.34 | 3.12 | 2.95 | 2.82 | 2.72 |
| 120 | 6.85 | 4.79 | 3.95 | 3.48 | 3.17 | 2.96 | 2.79 | 2.66 | 2.56 |
| ∞ | 6.63 | 4.61 | 3.78 | 3.32 | 3.02 | 2.80 | 2.64 | 2.51 | 2.41 |

## الجـــدول A ـ 3

## توزيـع (F) : مسـتوى معنويـة (5٪)

| درجات الحرية للمقام | درجـــات الحرية للبســط | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 161 | 200 | 216 | 225 | 230 | 234 | 237 | 239 | 241 | 242 |
| 2 | 18.5 | 19.0 | 19.2 | 19.2 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 |
| 3 | 10.1 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 |
| 4 | 7.71 | 6.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.96 |
| 5 | 6.61 | 5.79 | 5.41 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 |
| 6 | 5.99 | 5.14 | 4.76 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 |
| 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 |
| 8 | 5.32 | 4.46 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.58 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 |
| 9 | 5.12 | 4.26 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 |
| 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 |
| 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.85 |
| 12 | 4.75 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.85 | 2.80 | 2.75 |
| 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 |
| 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 |
| 18 | 4.41 | 3.55 | 3.16 | 2.93 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 |
| 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.74 | 2.63 | 2.54 | 2.48 | 2.42 | 2.38 |
| 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.51 | 2.45 | 2.39 | 2.35 |
| 21 | 4.32 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.68 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 |
| 22 | 4.30 | 3.44 | 3.05 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.46 | 2.40 | 2.34 | 2.30 |
| 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.44 | 2.37 | 2.32 | 2.27 |
| 24 | 4.26 | 3.40 | 3.01 | 2.78 | 2.62 | 2.51 | 2.42 | 2.36 | 2.30 | 2.25 |
| 25 | 4.24 | 3.39 | 2.99 | 2.76 | 2.60 | 2.49 | 2.40 | 2.34 | 2.28 | 2.24 |
| 30 | 4.17 | 3.32 | 2.92 | 2.69 | 2.53 | 2.42 | 2.33 | 2.27 | 2.21 | 2.16 |
| 40 | 4.08 | 3.23 | 2.84 | 2.61 | 2.45 | 2.34 | 2.25 | 2.18 | 2.12 | 2.08 |
| 60 | 4.00 | 3.15 | 2.76 | 2.53 | 2.37 | 2.25 | 2.17 | 2.10 | 2.04 | 1.99 |
| 120 | 3.92 | 3.07 | 2.68 | 2.45 | 2.29 | 2.18 | 2.09 | 2.02 | 1.96 | 1.91 |
| ∞ | 3.84 | 3.00 | 2.60 | 2.37 | 2.21 | 2.10 | 2.01 | 1.94 | 1.88 | 1.83 |

## الجـــدول A ـ 5

### توزيـــع مربّـع كاى ($\chi^2$)

### اختبارات الذيل الواحـــد

فرضيـــة العـــدم $\sigma = \sigma_0$
فرضيـــة أخـــرى $\sigma < \sigma_0$

| | مستويات المعنويـــة | |
|---|---|---|
| *DF* | *5 per cent* | *1 per cent* |
| 1 | $0.0^{2}$ 393 | $0.0^{3}$ 157 |
| 2 | 0.103 | 0.0201 |
| 3 | 0.352 | 0.115 |
| 4 | 0.711 | 0.297 |
| 5 | 1.145 | 0.554 |
| 6 | 1.635 | 0.872 |
| 7 | 2.167 | 1.239 |
| 8 | 2.733 | 1.646 |
| 9 | 3.325 | 2.088 |
| 10 | 3.940 | 2.558 |
| 11 | 4.575 | 3.053 |
| 12 | 5.226 | 3.571 |
| 13 | 5.892 | 4.107 |
| 14 | 6.571 | 4.660 |
| 15 | 7.261 | 5.229 |
| 16 | 7.962 | 5.812 |
| 17 | 8.672 | 6.408 |
| 18 | 9.390 | 7.015 |
| 19 | 10.117 | 7.633 |
| 20 | 10.851 | 8.260 |
| 21 | 11.591 | 8.897 |
| 22 | 12.338 | 9.542 |
| 23 | 13.091 | 10.196 |
| 24 | 13.848 | 10.856 |
| 25 | 14.611 | 11.524 |
| 26 | 15.379 | 12.198 |
| 27 | 16.151 | 12.879 |
| 28 | 16.928 | 13.565 |
| 29 | 17.708 | 14.256 |
| 30 | 18.493 | 14.953 |

## الجـــدول A ـ 4

### توزيـــع مربّـع كاى ($\chi^2$)

### اختبارات الذيل الواحـــد

فرضيـــة العـــدم $\sigma = \sigma_0$
فرضيـــة أخـــرى $\sigma > \sigma_0$

| | مستويات المعنويـــة | |
|---|---|---|
| *DF* | *5 per cent* | *1 per cent* |
| 1 | 3.841 | 6.635 |
| 2 | 5.991 | 9.210 |
| 3 | 7.815 | 11.345 |
| 4 | 9.488 | 13.277 |
| 5 | 11.070 | 15.086 |
| 6 | 12.592 | 16.812 |
| 7 | 14.067 | 18.475 |
| 8 | 15.507 | 20.090 |
| 9 | 16.919 | 21.666 |
| 10 | 18.307 | 23.209 |
| 11 | 19.675 | 24.725 |
| 12 | 21.026 | 26.217 |
| 13 | 22.362 | 27.688 |
| 14 | 23.685 | 29.141 |
| 15 | 24.996 | 30.578 |
| 16 | 26.296 | 32.000 |
| 17 | 27.587 | 33.409 |
| 18 | 28.869 | 34.805 |
| 19 | 30.144 | 36.191 |
| 20 | 31.410 | 37.566 |
| 21 | 32.671 | 38.932 |
| 22 | 33.924 | 40.289 |
| 23 | 35.172 | 41.638 |
| 24 | 36.415 | 42.980 |
| 25 | 37.652 | 44.314 |
| 26 | 38.885 | 45.642 |
| 27 | 40.113 | 46.963 |
| 28 | 41.337 | 48.278 |
| 29 | 42.557 | 49.588 |
| 30 | 43.773 | 50.892 |

الجـــدول A _ 6

توزيـع مربـع كاى ($\chi^2$)

اختبارات الذيليـــن

فرضيــة العــدم $\sigma = \sigma_0$
فرضيــة أخــرى ، $\sigma \neq \sigma_0$

| | مستويات المعنويـــة | | | |
|---|---|---|---|---|
| DF | 5 per cent | | 1 per cent | |
| 1 | $0.0^3$ 982 | 5.024 | $0.0^4$ 393 | 7.879 |
| 2 | 0.0506 | 7.378 | 0.0100 | 10.597 |
| 3 | 0.216 | 9.348 | 0.0717 | 12.838 |
| 4 | 0.484 | 11.143 | 0.207 | 14.860 |
| 5 | 0.831 | 12.832 | 0.412 | 16.750 |
| 6 | 1.237 | 14.449 | 0.676 | 18.548 |
| 7 | 1.690 | 16.013 | 0.989 | 20.278 |
| 8 | 2.180 | 17.535 | 1.344 | 21.955 |
| 9 | 2.700 | 19.023 | 1.735 | 23.589 |
| 10 | 3.247 | 20.483 | 2.156 | 25.188 |
| 11 | 3.816 | 21.920 | 2.603 | 26.757 |
| 12 | 4.404 | 23.337 | 3.074 | 28.300 |
| 13 | 5.009 | 24.736 | 3.565 | 29.819 |
| 14 | 5.629 | 26.119 | 4.075 | 31.319 |
| 15 | 6.262 | 27.488 | 4.601 | 32.801 |
| 16 | 6.908 | 28.845 | 5.142 | 34.267 |
| 17 | 7.564 | 30.191 | 5.697 | 35.718 |
| 18 | 8.231 | 31.526 | 6.265 | 37.156 |
| 19 | 8.907 | 32.852 | 6.844 | 38.582 |
| 20 | 9.591 | 34.170 | 7.434 | 39.997 |
| 21 | 10.283 | 35.479 | 8.034 | 41.401 |
| 22 | 10.982 | 36.781 | 8.643 | 42.796 |
| 23 | 11.689 | 38.076 | 9.260 | 44.181 |
| 24 | 12.401 | 39.364 | 9.886 | 45.558 |
| 25 | 13.120 | 40.646 | 10.520 | 46.928 |
| 26 | 13.844 | 41.923 | 11.160 | 48.290 |
| 27 | 14.573 | 43.194 | 11.808 | 49.645 |
| 28 | 15.308 | 44.461 | 12.461 | 50.993 |
| 29 | 16.047 | 45.722 | 13.121 | 52.336 |
| 30 | 16.791 | 46.979 | 13.787 | 53.672 |

# الرمـوز المسـتخدمـة في الكتـاب

| الرمز | المقصود باللغة الانكليزية | المقصود باللغة العربية |
|---|---|---|
| AOD | ABOVE ORDINANCE DATUM | فوق الاسناد المساحي |
| AT | APPARENT TIME | الوقت الظاهري |
| BIH | BUREAU INTERNATIONALE DE L'HEUR | مكتب الوقت العالمي |
| DF | DEGREES OF FREEDOM | درجة الحرية(في الاحصاء) |
| DTI | DEPAARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY | قسم التجارة والصناعة البريطاني |
| DUT1 | DISCREPANCY BETWEEN UTC AND UT | الفرق بين الوقت العالمي الموحد والوقت العالمي |
| EDM | ELECTROMAGNETIC DISTANCE MEASUREMENT | قياس المسافة الكترومغناطيسيا |
| ET | EQUATION OF TIME | معادلة الوقت |
| FL | FACE LEFT | رصدة وجه يسار |
| FR | FACE RIGHT | رصدة وجه يمين |
| GAT | GREENWICH APPARENT TIME | وقت كرنج الظاهري |
| GC(P) | GROUND CONTROL POINT | نقطة الضبط الارضي |
| GHA | GREENWICH HOUR ANGLE | زاوية ساعة كرنج |
| GMM | GREENWICH MEAN MIDNIGHT | متوسط نصف ليل كرنج |
| GMN | GREENWICH MEAN NOON | متوسط ظهر كرنج |
| GMT | GREENWICH MEAN TIME | متوسط وقت (توقيت) كرنج |
| GST | GREENWICH SIDEREAL TIME | وقت كرنج النجمي |
| HA | HOUR ANGLE | زاوية الساعة |
| IAG | INTERNATIONAL ASSOCI-ATON OF GEODOSY | الجمعية العالمية لعلوم شكل الارض (الجيودوسيا) |
| ICE | INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS | جمعية المهندسين المدنيين البريطانية |
| KP | KINGSTON POLYTECHNIC | بوليتكنيك كنكزتون |
| LAT | LOCAL APPARENT TIME | الوقت الظاهري المحلي |
| LHD | LEFT HAND DOT | النقطة اليسرى |
| LMN | LOCAL MEAN NOON | متوسط الظهر المحلي |
| LMT | LOCAL MEAN TIME | متوسط الوقت المحلي |
| LSF | LOCAL SCALE FACTOR | معامل المقياس المحلي |
| LST | LOCAL SIDEREAL TIME | الوقت النجمي المحلي |
| LS T | LOCAL STANDARD TIME | الوقت المعياري المحلي |
| LU | LONDON UNIVERSITY | جامعة لندن |
| MCP | MINOR CONTROL POINT | نقطة الضبط الثانوية |
| MPV | MOST PROBABLE VALUE | القيمة الاكثر احتمالا |
| MSF | DROITWICH/RUGBY RADIO CALL SIGN | إشارة نداء مذياع درويتويج/ ركبي |
| MSL | MEAN SEA LEVEL | متوسط مستوى سطح البحر |
| MT | MEAN TIME | متوسط الوقت |
| NG | NATIONAL GRID | المشبك الوطني |

| | | |
|---|---|---|
| NPL | NATIONAL PHYSICAL LABORATORY | مختبر الفيزياء البريطاني الوطني |
| OD | ORDINANCE DATUM | الاسناد المساحي |
| PP | PRINCIPAL POINT | النقطة الرئيسية |
| PPM | PARTS PER MILLION | جزء واحد من المليون |
| RA | RIGHT ASCENSION | المطلع المستقيم |
| RAMS | RIGHT ASCENSION OF THE MEAN SUN | المطلع المستقيم لمتوسط الشمس |
| RHD | RIGHT HAND DOT | النقطة اليمنى |
| RL | REDUCED LEVEL | المنسوب |
| RO | REFERENCE OBJECT | الجسم المرجعي او جسم الاسناد |
| RT | REFERENCE TARGET | الهدف المرجعي او هدف الاسناد |
| S P | SCALE POINT | نقطة المقياس |
| SE | SCALE ERROR | خطأ المقياس |
| SF | SCALE FACTOR | معامل المقياس |
| ST | SIDEREAL TIME | الوقت النجمي |
| TMP | TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION | الاسقاط الميركاتوري العرضي |
| TP | TIE POINT | نقطة الربط |
| UK | UNITED KINGDOM | المملكة المتحدة |
| UT | UNIVERSAL TIME | الوقت (التوقيت) العالمي |
| UTC | CO-ORDINATED UNIVERSAL TIME | الوقت (التوقيت) العالمي الموحد |

<<<<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>>

# دليـل للمصطلحـات الانكليزيـــة

## A

| | |
|---|---|
| ACCURATE | مضبوط |
| ACCURACY | درجة الضبط |
| ACCIDENTAL ERROR | الخطأ العفوي |
| ACCOMODATION | تكيف العين |
| ABERRATION | الزيغ |
| ADAPTATION | ملاءمة العين |
| AIR BASE | خط القاعدة الجوي (القاعدة الجوية) |
| AEREAL PHOTOGRAMMETRY | المسح التصويري الجوي |
| ANGLE OF DEPRESION | زاوية الانخفاض |
| ANGLE OF ELEVATION | زاوية الارتفاع |
| AERIAL CAMERA | آلة التصوير الجوية |
| AERIAL PHOTOGRAPH | الصورة الجوية |
| AERIAL PHOTOGRAPHY | عملية التصوير الجوي |
| AEREAL TRIANGULATION | التثليث (بقياس الزوايا) الجوي |
| ARITHMETIC MEAN | الوسط الحسابي |
| AXIS OF TILT | محور الميل |
| ANTIPODE | الجهة المقاطرة أو الطرف المقابل على الكرة الارضية او القبة السماوية بالنسبة لموقع ما عليها |
| AZIMUTH ERROR | خطأ التسامت |
| ADJUSTMENT | تنظيم او تعديل |
| ASSOCIATION | إقتران او ترابط (في الاحصاء) |
| ALTITUDE | الارتفاع او زاوية الارتفاع |
| APRIORI ESTIMATE | التقدير الابتدائي |
| APOSTEIORI ESTIMATE | التقدير النهائي |

## B

| | |
|---|---|
| BASE LINE | خط القاعدة |
| BIAS | منحاز او انحياز (في الاحصاء) |
| BACK SIGHT (BS) | تسوية خلفية |

## C

| | |
|---|---|
| CHECK BASE LINE | خط قاعدة تحقيقي |
| CERTAINTY | وثوق (في الاحصاء) |
| CONFIDENCE | ثقة (في الاحصاء) |
| CONFIDENCE INTERVAL | فترة الثقة |
| CONFIDENCE LIMITS | حدود الثقة |
| COMPENSATING ERRORS | اخطاء تعويضية |
| CONTROL SURVEYS | مسوحات الضبط |
| CRUDE HEIGHT | الارتفاع الابتدائي او التقريبي |

| | |
|---|---|
| CONTINGENCY TABLE | جدول الطوارئ (في الاحصاء) |
| CORRELATION | الارتباط |
| CORRELATIVE | معامل الارتباط |
| CORRELATIVE ACCURACY | درجة ضبط معامل الارتباط |
| COVARIANCE (CO-VAR) | التباين المشترك |
| CENTRING | ضبط المركزية |
| COORDINATO-GRAPH | جهاز رسم الاحداثيات |
| CRABBING | زحف الصورة |
| CONTACT PRINTING | طبع الصور بالتلامس |
| CONTOUR LINE | خط الكفاف (جمع: أكفة) |
| CONTOUR INTERVAL | فترة الاكفة |
| CULMINATION | تكبد |
| CUMULATIVE ERRORS | اخطاء تراكمية |
| CHI-SQUARE(  )TEST | إختبار مربع كاي |

## D

| | |
|---|---|
| GEGREES OF FREEDOM (DF) | درجة حرية(في الاحصاء) |
| DATA | معطيات |
| DEPENDENT | غير مستقل |
| DEPARTURE | البعد السيني |
| DIAPOSITIVE | صفيحة الصورة الزجاجية |
| DIGITAL GROUND MODEL (DGM) | النموذج الرقمي الارضي |
| DATUM | الاسناد |
| DOPPLER EFFECT | تأثير دوبلر |
| DIRECTION OF DIP | إتجاه ميل الطبقة |
| DOUBLE CUTTING POINT | نقطتا التقاطع |
| DECLINATION | الميل |
| DEFLECTION | الانحراف |
| DEVIATION | الانحراف (في الاحصاء) |
| DISTRIBUTION CURVE | منحني التوزيع (في الاحصاء) |
| DISTOMAT | جهاز قياس المسافة الكترومغناطيسيا |
| DIAGONAL MATRIX | مصفوفة قطرية |
| DIAGONAL WEIGHTED MATRIX | مصفوفة قطرية موزونة |

## E

| | |
|---|---|
| EIGENVALUES | القيم النوعية |
| ELEVATION | الارتفاع او زاوية الارتفاع |
| ECCENTRICITY ERROR | خطأ الازاحة |
| ELONGATION | الاستطالة |
| EXPONENTIAL FUNCTION | دالة أسية |
| EASTING | تشريق |
| EYE BASE | القاعدة في العين (في المسح التصويري) |
| EVIDENCE | دليل (في الاحصاء) |
| ELLIPSE | القطع الناقص او الاهليج او الشكل البيضوي |

## F

| | |
|---|---|
| FILM | الرقيقة الحساسة |

| | |
|---|---|
| FIDUCIAL AXES | محورا إسناد الصورة الجوية |
| FIDUCIAL MARKS | علامتا إسناد الصورة الجوية |
| FILM FLATENING DEVICES | معدات تسوية الرقيقة الحساسة |
| FILM MAGAZINE | حاوية الرقيقة الحساسة |
| FLOATING MARK | العلامة العائمة |
| FILM FORMAT | ابعاد (او حجم) الرقيقة الحساسة |
| FLYING HEIGHT | ارتفاع الطيران |
| FREQUENCY DISTRIBUTION | التوزيع التكراري |
| FALL | إنحدار |
| FLUCTUALION | تذبذب او تراوح |
| FACE LEFT (FL) OBSERVATION | قراءة وجه يسار |
| FACE RIGHT (FR) OBSERVATION | قراءة وجه يمين |
| FORE SIGHT (FS) | تسوية أمامية (او قراءة امامية) |

G

| | |
|---|---|
| GEOID | السطح الارضي |
| GRATICULE | شبكية العين |
| GRAPHIC | تخطيطي |
| GEODOMETER | مطوال جدسي (لسطح الارض) |
| GEODETIC SURVEYING | مسح جدسي (لسطح الارض) |
| GEOPHONE | مسماع الزلزال |
| GROUP REFRACTIVE INDEX | دليل إنكسار المجموعة |
| GROSS ERROR | خطأ كبير (او غلطة) |
| GOODNESS OF FIT | جودة التطابق |
| GREAT CIRCLE | الدائرة العظمى |
| GROUND CONTROL | الضبط الارضي |
| GROUND CONTROL SURVEYS | مسوحات الضبط الارضي |
| GRAPHICAL RECTIFICATION | التعديل التخطيطي |
| GRAPHICAL INTERPOLATION | الطريقة التخطيطية لحسابات تصحيح الاحداثيات |

H

| | |
|---|---|
| HYPOTHESES | فرضيات |
| HYPOTHESIZED MEAN | الوسط المفترض |
| HORIZONTAL CONTROL POINTS | نقاط ضبط أفقية |
| HORIZON | الافق |
| HYDROGRAPHY | المسح المائي |

I

| | |
|---|---|
| IMAGE | شبح |
| ISOCENTRE | المركز المشترك |
| ISOMETRIC PARALLEL | محرر الميل |
| INTERSECTION | التقاطع او التقاطع الامامي |
| INDEX | دليل او مؤشر |
| INTERCEPT | مقطع |

## L

| | |
|---|---|
| LATITUDE | خط العرض او البعد الصادي |
| LONGITUDE | خط الطول |
| LEAST SQUARES | قاعدة المربعات الصغرى |
| LIMB | طرف الشمس او النجم |
| LATERAL DISPLACEMENT | الازاحة الجانبية |
| LATERAL OVERLAP | التداخل الجانبي |
| LINE OF MAXIMUM TILT | خط اقصى ميل |
| LONGITUDINAL OVERLAP | تداخل طولي |

## M

| | |
|---|---|
| MEAN VALUE | متوسط القيمة |
| MEAN | الوسط او الوسط الحسابي او المعدل |
| MEAN ERROR | متوسط الخطأ |
| MATRIX | المصفوفة |
| MOST PROBABLE VALUE(MPV) | القيمة الاكثر إحتمالا |
| MOSAIC | خرائط الموزائيك |

## N

| | |
|---|---|
| NADIR | النظير |
| NATIONOL GRID (NG) | المشبك الوطني |
| NEGATIVE | الرقيقة السالبة |
| NODAL POINT | نقطة تغيير الاتجاه او عقدة |
| NORMAL DISTRIBUTION | التوزيع الطبيعي (في الاحصاء) |
| NORMAL PROBABILITY | الاحتمال الطبيعي (في الاحصاء) |
| NULL HYPOTHESIS | فرضية العدم (في الاحصاء) |

## O

| | |
|---|---|
| ORTHOGRAPHIC PROJECTION | الاسقاط المتعامد |
| OPTICAL AXIS | المحور البصري |
| ORTHOPHOTOMAPS | الخرائط المنتجة من الصور الجوية المعدلة عن الميل والتضاريس الارضية |
| OBSERVATION EQUATIONS | معادلات الرصد |

## P

| | |
|---|---|
| PARAMETERS | معالم او مكونات |
| PARTIAL DIFFERENTIATION | التفاضل الجزئي |
| PERIOD | دورة او فترة زمنية |
| PHOTOGRAPH | الصورة |
| PRINT | الصورة المطبوعة او الرقيقة السالبة المطبوعة |
| PANOCHROMATIC | أحادية اللون |
| POPULATION | المجتمع (في الاحصاء) |
| POPULATION MEAN | وسط المجتمع (في الاحصاء) |
| PERCENTAGE ERROR | الخطأ المئوي |

| | |
|---|---|
| PARALLAX | إختلاف المنظر |
| PARALLACTIC ANGLE | زاوية إختلاف المنظر |
| PARALLAX BAR | قضيب إختلاف المنظر |
| PHOTO AXIS | محور الصورة |
| PHOTO BASE | خط قاعدة الصورة |
| PHISICAL SURFACE | السطح الفيزياوي |
| PHOTOGRAMMETRY | المسح التصويري |
| PHOTOGRAPHY | التصوير |
| PLUMB POINT | نقطة الشاقول(في الصورة الجوية) |
| PLUMB LINE | خط الشاقول(في الصورة الجوية) |
| PRECISION | الدقة |
| PROBABILITY | الاحتمال |
| PROBABILITY DENSITY FUNCTION | دالة كثافة الاحتمال |
| PRINCIPAL POINT (PP) | النقطة الرئيسية |
| PRINCIPAL PLANE | المستوي الرئيس |
| PRINCIPAL LINE | الخط الرئيس |
| PRINCIPAL AXIS | المحور الرئيس |
| PRINCIPAL DISTANCE | البعد الرئيس |
| PROJECTOR | المسلاط |
| PHOTO THEODOLITE | مزواة التصوير |
| PARTIAL RECTIFICATION | التعديل الجزئي |
| PARABOLA | القطع المكافىء |
| POLARIZED | مستقطب |
| POLE | القطب |

R

| | |
|---|---|
| REDUNDANT | إضافي او فائض |
| REFRACTION INDEX | دليل الانكسار |
| RANDOM ERRORS | الاخطاء العشوائية |
| RELATIVE ERROR | الخطأ النسبي |
| RESIDUAL ERROR | الخطأ المتبقي (المتراكم) |
| RELIABILITY | الاعتماد او درجة الاعتماد |
| REFERENCE MARK | علامة إسناد |
| RELATIVE ORIENTATION | التوجيه النسبي |
| RELIEF DISPLACEMENT | الازاحة الناتجة عن التضاريس الارضية (في الصورة الجوية) |
| REMOTE SENSING | التحسس النائي |
| RESIDUAL PARALLAX | إختلاف النظر المتبقي (المتراكم) |
| RETINA | شبكية العين |

S

| | |
|---|---|
| SYSTEMATIC ERRORS | الاخطاء النظامية |
| SAMPLE | عينة |
| SATELLITE | محطة تابعة او قمر صناعي |
| SIGNIFICANT | معنوي (في الاحصاء) |
| SIGNIFICANCE | معنوية(في الاحصاء) |
| SCATTER | إنتشار |
| SLIDE | الرقيقة الموجبة |

SPAN فضاء (بمعنى مسافة)
STANDARD معياري
STANDARD DEVIATION الانحراف المعياري
STANDARD ERROR الخطأ المعياري
STANDARD NORMAL CURVE المنحنى الطبيعي المعياري
SIGNIFICANT FIGURE رقم معنوي
SYMMETRICAL متماثل
STRAINING MASS كتلة الاجهاد
SPHEROID OF REFRENCE السطح الكروي للاسناد
SWING الالتفاف (او البرم)
STEREO مجسم
STEREO MODEL النموذج المجسم
STEREO PAIR زوج الصور التجسيمي
SPATIAL MODEL النموذج الفراغي (في التصوير الجوي)
STRIP شريط (او خط) طيران
SLOT خـــــرم
SLOTTED TEMPLATE ASSEMBLY تركيبة القالب الرقيقي المخرم (في التصوير الجوي)

T

TRIANGULATION التثليث بقياس الزوايا
TRILATERATION التثليث بقياس الاضلاع
TRIANGULATERATION التثليث بقياس الزوايا والاضلاع
TILT الميل
TEMPLĖT قالب رقيقي
TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY المسح التصويري الارضي
TRIGONOMETRICAL LEVELING التسوية المثلثية
TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION الاسقاط الميركاتوري العرضي

U

UNBIASED غير منحاز
UNIT VARIANCE وحدة التباين

V

VERTICAL AXIS المحور الشاقولي
VERTICAL CIRCLE الدائرة العمودية للمزواة
VARIANCE التباين
VAR-COVAR MATRIX مصفوفة التباين - التباين المشترك

W

WEIGHTED MEAN الوسط الموزون
WEIGHTED MATRIX المصفوفة الموزونة

Z

ZENITH السمت او زاوية السمت او سمت الرأس

ا

| | |
|---|---|
| ALTITUDE | الارتفاع |
| CRUDE HEIGHT | الارتفاع الابتدائي او التقريبي |
| CORRELATION | الارتباط |
| DEVIATION | الانحراف (في الاحصاء) |
| ELEVATION | الارتفاع (او زاوية الارتفاع) |
| ELONGATION | الاستطالة (في علم الفلك) |
| PARALLAX | إختلاف النظر |
| CONFEDENCE | الاعتماد (او درجة الاعتماد) |
| RESIDUAL PARALLAX | إختلاف النظر المتبقي (او المتراكم) |
| SCATTER | الانتشار |
| SWING | الالتفاف (في المسح الجوي) |

ت

| | |
|---|---|
| ACCOMODATION | تكيف العين |
| TRIANGULATION | التثليث |
| APRIORI ESTIMATE | التقدير الابتدائي |
| APOSTERIORI ESTIMATE | التقدير النهائي |
| COVARIANCE | التباين المشترك |
| CULMINATION | التكبد |
| FREQUENCY DISTRIBUTION | التوزيع التكراري |
| FLUCTUATION | التذبذب |
| GRAPHICAL RECTIFICATION | التعديل التخطيطي |
| PARTIAL RECTIFICATION | التعديل الجزئي |
| RELATIVE ORIENTATIOM | التوجيه النسبي |

ج

| | |
|---|---|
| CONTINGENCY TABLE | جدول الطوارىء |
| GOODNESS OF FIT | جودة التطابق |

ح

| | |
|---|---|
| CONFIDENCE LIMITS | حدود الثقة |
| FILM FORMAT | حجم الرقيقة الحساسة |

خ

| | |
|---|---|
| AZIMNTH ERROR | خطأ التسامت |
| BASE LINE | خط القاعدة |
| CHECK BASE LINE | خط قاعدة تحقيقي |
| PHOTO BASE LINE | خط قاعدة الصورة |
| ECCENTRICITY ERROR | خطأ الازاحة |

| | |
|---|---|
| GROSS ERROR | خطأ كبير |
| LATITUDE | خط العرض |
| PERCENTAGE ERROR | الخطأ المئوي |
| PLUMB LINE | خط الشاقول |
| RELATIVE ERROR | الخطأ النسبي |

د

| | |
|---|---|
| ACCURACY | درجة الضبط |
| GROUP REFRACTIVE INDEX | دليل إنكسار المجموعة |
| PRECISION | الدقة |

ر

| | |
|---|---|
| FILM | الرقيقة الحساسة |
| NEGATIVE | الرقيقة السالبة |
| SLIDE | الرقيقة الموجبة |

س

| | |
|---|---|
| GEOID | السطح الارضي |
| PHYSICAL SURFACE | السطح الفيزياوي |
| SPHEROID OF REFERENCE | السطح الكروي للاسناد |
| AZIMUTH OR ZENITH | السمت |

ش

| | |
|---|---|
| STRIP | شريط (او خط) الطيران |

ض

| | |
|---|---|
| CENTERING | ضبط المركزية |
| ACCURACY | الضبط (او درجة الضبط) |
| GROUND CONTROL | الضبط الارضي |

ع

| | |
|---|---|
| FLOATING MARK | العلامة العائمة |

ف

| | |
|---|---|
| CONFEDENCE INTERVAL | فترة الثقة |
| NULL HYPOTHESIS | فرضية العدم |

ق

| | |
|---|---|
| PARALLAX BAR | قضيب إختلاف النظر |
| EIGNVALUES | القيم النوعية |
| ELLIPSE | القطع الناقص |
| PARABOLA | القطع المكافئ |

| | |
|---|---|
| HYPERBOLA | القطع الزائد |
| MOST PROBABLE VALUE(MPV) | القيمة الاكثر إحتمالا |
| TEMPLATE | القالب الرقيقي |

ك

| | |
|---|---|
| STRAINING MASS | كتلة الاجهاد |

م

| | |
|---|---|
| ADAPTATION | الملاءمة |
| PHOTOGRAMMETRY | المسح التصويري |
| AXIS OF TILT | محور الميل |
| CORRELATIVE | معامل الارتباط |
| DECLINATION | الميل |
| DISTRIBUTION CURVE | منحنى التوزيع |
| DIAGONAL MATRIX | مصفوفة قطرية |
| LEVEL | منساب |
| THEODOLITE | مزواة |
| TACHEOMETER | مبعاد |
| OPTICAL AXIS | المحور البصري |
| OBSERVATION EQUATIONS | معادلات الرصد |
| SIGNIFICANT (SIGNIFICANCE) | معنوية(معنوي) |
| STANDARD | معياري |
| MATRIX | مصفوفة |
| WEIGHTED MATRIX | مصفوفة موزونة |

ن

| | |
|---|---|
| DIGITAL GROUND MODEL (DGM) | النموذج الرقمي الارضي |
| NADIR | النظير |
| STEREO MODEL | النموذج المجسم |

و

| | |
|---|---|
| CERTAINTY | وثوق |
| UNIT VARIANCE | وحدة التباين |
| HYPOTHESIZED MEAN | الوسط المفترض |

<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>

تعريب للاصدارة الثانية

المنشورة سنة ١٩٨٤

الطبعة الاولى ١٩٩٠



يطلب الكتابة من المترجم ص . ب ١٠٠٤٥ موصل

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد ١٣٦٥ لسنة ١٩٩٠

مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر بغداد ، ١٩٩٠

# ENGINEERING SURVEYING

THEORY AND EXAMINATION PROBLEMS FOR STUDENTS

VOLUME II

SECOND EDITION

W. SCHOFIELD
A.R.I.C.S., ASSOC. I.M.E., F.G.S.,
Senior Lecturer Kingston Polytechnic

TRANSLATED TO ARABIC BY

R. L. SHAAN

B.Sc. (Eng.), Assoc. M.I.C.E. (U.K.)

Previously Lecturer at the Intitute of Technology, Baghdad.

FIRST PRINT 1990

BAGHDAD

## المسح الهندسي . الجزء الثاني

### تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

تدرس مادة المسح الهندسي على عدة مراحل في اختصاصات هندسية متباينة والعامل المشترك بين متطلبات الطلاب المختلفة هي الحاجة الى فهم جيد للمبادئ الأساسية للمادة. ففي كل فصل من الكتاب ، تم التعبير عن المبادئ الاساسية للمواضيع بشكل واضح وبسيط ، وتم توضيح هذه المبادئ من خلال تطبيقها على حالات نموذجية وتم بحث وتحليل مصادر الأخطاء بعناية ، كما تمت تقوية الكتاب بتنوع واسع من الأمثلة المحلولة والتمارين المأخوذة من مصادر امتحانية معروفة .

ان التغييرات الاساسية في هذه الاصدارة عن التي سبقتها تشمل : طرق المصفوفات في التعديل وتحليل القوة وتقنيات احصائية حديثة بالاضافة الى الجبر الكلاسيكي كما زادت تغطية موضوع قياس المسافة الكترومغناطيسيا بشكل كبير والتأثيرات المترتبة على طرق المساحة . ثم التعديلات البسيطة للشبكات باستخدام حاسبة الجيب . لقد تم توسيع الفصل الخاص بالمسح التصويري ليشمل العمل على الات التصوير واجهزة التعديل البسيطة وتأثير الاخطاء على النموذج الفراغي SPATIAL MODEL والمواصفات المعيارية للمسح الجوي . ثم طرق التوقيت الحديثة في علم الفلك الحقلي .

يعتبر كتاب المسح الهندسي . الجزء الثاني كتابا منهجيا مثاليا لمرحلة الدبلوم او البكلوريوس اضافة الى طلبة مرحلة الدراسات العليا في الهندسة المدنية والمساحة وهندسة المناجم والبلديات والامتحانات المهنية ذات العلاقة .

يعتبر هذا الجزء مكملا للجزء الاول الصادر باللغة العربية للمترجم سنة 1983 والمعادة طباعته سنة 1986 .

مطبعة دار الحكمة . بغداد

**المحتويات** ، الاخطاء وتعديلاتها ، مسوحات الضبط ، المسح التصويري ، علم الفلك الحقلي .

**محتويات الجزء الاول** ، التسوية البسيطة والتسوية الدقيقة ، الاعمال الترابية ، المزواة ( الثيودولايت ) وتطبيقاتها ، المنحنيات ، المسح تحت الارض والمسح المائي .

سعر النسخة ... ١٧ دينارا